سلسلة المشاريع الإلكترونية-٢

تجارب ومشاريع عمليّة على استخدام الدوائر الرقميّة TTL

إعداد

م. أحمد عبد المتعال

الكتاب : **تجارب ومشاريع عملية على استخدام الدوائر الرقمية TTL**

(سلسلة المشاريع الالكترونية - ٢)

المؤلف : **م. أحمد عبدالمتعال**

رقم الطبعة : **الأولى**

تاريخ الإصدار : **١٤٢٤هـ - ٢٠٠٣م**

الناشر : **دار النشر للجامعات**

رقم الإيداع : **٩٧ / ١٣٧٤١**

الترقيم الدولي : **I.S.B.N: 977-5526- 84-1**

الكود : **٢ / ٧٣**

دار النشر للجامعات - مصر

ص. ب (١٣٠محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨- تليفاكس: ٤٥٠٢٨١٢

تجارب ومشاريع عملية
على استخدام الدوائر الرقمية TTL


بسم الله الرحمن الرحيم

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾ [الأحقاف: ١٥]

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر **للمهندس / عاطف الحسيني** – المدرس بالكلية التقنية بالدمام – على تعاونه الصادق فى إعداد هذا الكتاب، كما أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب، راجياً من المولى العلى القدير أن يثيبهم خيراً على حسن عملهم.

المؤلف

المحتـــويـــات

الموضوع | الصفحة

البـاب الأول

أسـاسـيات

الباب الثانى

التجارب العملية على الدوائر

الرقمية TTL

الباب الثالث

مشاريع عملية باستخدام الدوائر الرقمية TTL

الباب الأول

أساسيات

أساسيات

١ / ١ - مقدمة

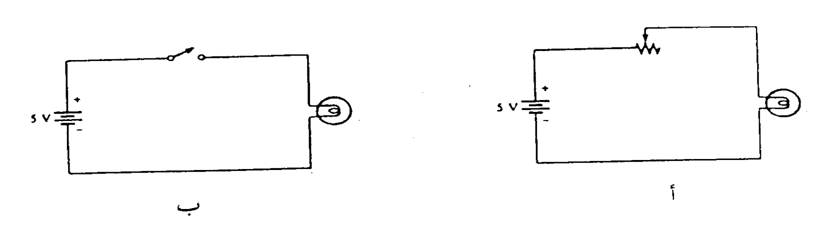
يوجد نوعان من الإشارات الكهربية فى الدوائر الالكترونية وهما :

- الإشارات التناظرية
- الإشارات الرقمية

ولمعرفة الفرق بينهما إليك المثال التالى المبين بالشكل (١ - ١) والذى يعرض دائرتين للتحكم فى مصباح كهربى . ففى الشكل (أ) يتم التحكم فى شدة إضاءة المصباح بتغيير قيمة المقاومة المتغيرة الموصلة على التوالى مع المصباح . وفى الشكل (ب) يتم إضاءة أو إطفاء المصباح بواسطة مفتاح يدوى موصل على التوالى مع المصباح . ويقال إن جهد المصباح فى الدائرة المبينة بالشكل (أ) جهد تناظرى لأن قيمته تتغير بتغير قيمة المقاومة المتغيرة وأقصى قيمة للجهد التناظرى هو جهد البطارية، بينما يقال إن مصباح الدائرة المبينة بالشكل (ب) يتعرض لإشارة رقمية حيث إن لها حالتين فقط وهما :

- جهد البطارية، وذلك عند غلق المفتاح ويعمل على إضاءة المصباح ويقال على هذه الحالة الحالة العالية (H) أو الحالة المنطقية (1) .

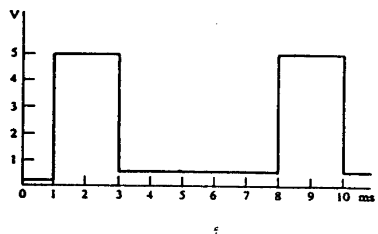
- جهد صفر وذلك عند فتح المفتاح، ويعمل على إطفاء المصباح، ويقال على هذه الحالة الحالة المنخفضة (L) أو الحالة المنطقية (0) .



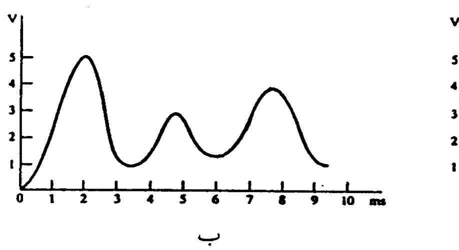
الشكل (١ - ١)

والشكل (١ – ٢) يبين الفرق بين إشارة الجهد الرقمية المبينة بالشكل (أ)، وإشارة الجهد التناظرية المبينة بالشكل (ب) ويلاحظ أن إشارة الجهد الرقمية لها قيمتين وهما 5V+، ويقال عليها حالة عالية (High) أو (1) والقيمة الثانية القريبة من الصفر ويقال عليها حالة منخفضة (Low) أو (0).

أما إشارة الجهد التناظرية فلها قيم تتغير من لحظة لأخرى وهى تتغير فى هذه الحالة ما بين (0: + 5V).



أ



ب

الشكل (١ – ٢)

١ / ٢ – الدوائر المتكاملة الرقمية عائلة TTL (Transistor Transistor Logic)

ويستخدم فى بنائها ترانزستورات ثنائية القطبية BJT ولكنها تحتوى على أكثر من باعث. وتنقسم هذه العائلة لعدة سلاسل أكثرها انتشاراً السلسلة 54، وتستخدم فى الاستخدامات العسكرية، والسلسلة 74 وتستخدم فى الاستخدامات العامة **ويندرج تحت هاتين السلسلتين سلاسل أخرى فرعية مثل:**

١ – السلسلة القياسية ..54 /..74

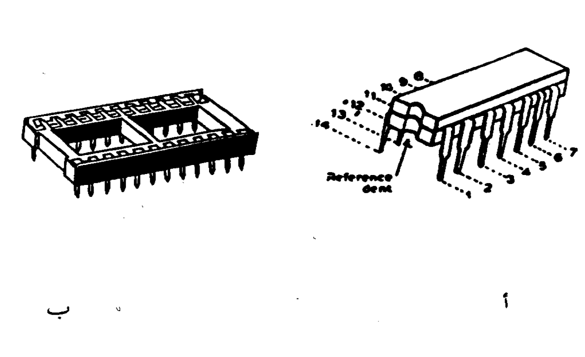
٢ – سلسلة استهلاك القدرة المنخفضة ..54 L../ 74 L

٣ – سلسلة السرعة العالية ..54 H../ 74 H

٤ – سلسلة شوتكى ..54 S../ 74 S

٥ – سلسلة استهلاك القدرة المنخفضة، والتى تحتوى على وصلة شوتكى عند المداخل ..54 LS../ 74 LS.

ويوجد أشكال مختلفة للدوائر المتكاملة الرقمية أكثرها انتشاراً الدوائر المتكاملة DIL، وهى اختصار لـ **Dual in Line**، وهى دوائر متكاملة بصفين من الأرجل على جانبيها المسافة بين كل رجل والاخرى **0.1** بوصة. والشكل (١ – ٣) يبين مجسمًا لهذا النوع من الدوائر المتكاملة الشكل (أ) وعادة فإن الدوائر المتكاملة DIL تتواجد بأعداد مختلفة من الأرجل مثل **(14, 16, 20)**. ولمعرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة يوضع التجويف النصف دائرى الموجود على جانب الدائرة المتكاملة جهة اليسار ويكون العد بدءاً من اليسار للرجل المواجهة لك فى عكس اتجاه عقارب الساعة وأيضا قاعدة هذه الدوائر المتكاملة الشكل (ب).



ب أ

الشكل (١ – ٣)

وهناك بعض التعبيرات الشائعة لجهود وتيارات الدوائر المتكاملة الرقمية أهمها :

١ – تيار الدخل العالى I_{IH} وهو تيار الدخل عندما تكون حالة إشارة الدخل عالية (1).

٢ – تيار الخرج العالى I_{OH} وهو تيار الخرج عندما تكون حالة إشارة الخرج عالية(1).

٣ – تيار الدخل المنخفض I_{IL} وهو تيار الدخل عندما تكون حالة إشارة الدخل منخفضة (0).

٤ – تيار الخرج المنخفض I_{OL} وهو تيار الخرج عندما تكون حالة إشارة الخرج منخفضة (0).

٥ – جهد المصدر V_{CC} وهو جهد منبع التيار المستمر الذى تعمل عنده الدائرة المتكاملة.

٦ – جهد إشارة الدخل العالية V_{IH} وهو قيمة جهد إشارة الدخل الذى تتعامل معه الدائرة المتكاملة على أنه إشارة منطقية عالية.

٧ – جهد إشارة الخرج العالية V_{OH} وهو قيمة إشارة الخرج للدائرة المتكاملة عند الحالة المنطقية العالية (1).

٨ – جهد إشارة الدخل المنخفضة V_{IL} وهو قيمة جهد إشارة الدخل التى تتعامل معه الدائرة المتكاملة كحالة منطقية منخفضة (0).

٩ – جهد إشارة الخرج المنخفضة V_{OL} وهو أعلى قيمة لجهد الخرج عند الحالة المنطقية (0).

١٠ – تأخير الانتشار T_p وهو الزمن المار من لحظة حدوث تغير فى المداخل للحظة حدوث تغير فى حالة المخارج ووحدته نانو ثانية (nS).

١١ – القدرة المستهلكة فى البوابة P_d وتحسب بالملى وات (mw).

والجدول (١ – ١) يعرض مقارنة بين السلاسل المختلفة لعائلة TTL.

الجدول (١ - ١)

وجه المقارنة	74..	74 H..	74 L..	74 LS..	74 S..
V_{cc} min (v)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
V_{cc} max (V)	5.5	5.0	5.5	5.5	5.5
V_{IL} (V)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
V_{HL} (V)	2	2	2	2	2
V_{OL} (V)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
V_{OH} (V)	2.4	2.4	2.4	2.7	2.7
I_{IL} (mA)	- 1.6	- 2	- 0.18	- 0.36	- 2
I_{IH} (μA)	40	50	10	20	50
I_{OL} (mA)	16	20	3.6	8	20
I_{OH} (mA)	- 0.4	- 0.5	- 0.2	- 0.4	- 1
T_p (nS)	10	6	33	10	3
P_d (mw)	10	22	1	2	19

علماً بأن الإشارة السالبة للتيار تعنى دخول التيار للدائرة المتكاملة.

١ / ٢ / ١ - المخارج المختلفة للبوابات المنطقية عائلة TTL

يوجد ثلاث صور مختلفة من مخارج البوابات المنطقية عائلة TTL بغض النظر عن نوع السلسلة الفرعية وهى كما يلى :

أولاً: خرج بمجمع مفتوح Open - Collector output :

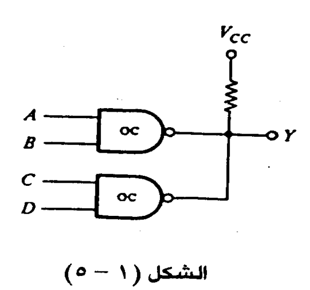
والشكل (١ – ٤) يعرض شكل خرج المجمع المفتوح والذى يتميز بالسمات التالية :

١ – إذا لم يوصل هذا المخرج بجهد المصدر Vcc من خلال مقاومة R_L فإن قيمة الخرج ستساوى 0v بغض النظر عن حالة مداخل الدائرة المتكاملة.

٢ – يمكن توصيل هذا المخرج بجهد آخر غير جهد المصدر المستخدم فى تغذية الدائرة المتكاملة على سبيل المثال 12V + وبذلك يمكن تغيير مستوى الجهد المنطقى للدائرة المتكاملة من 5V + لأى جهد آخر تبعًا لقيمة الجهد المتصل بالمجمع المفتوح.

الشكل (١ – ٤)

٣ – يمكن توصيل مجموعة من المخارج المفتوحة على التوازى معًا فمثلاً: يمكن توصيل مخارج بوابتي NAND بالتوازى معًا مع استخدام مقاومة 5 KΩ توصل مع جهد المصدر Vcc كما بالشكل (١ – ٥)، ويكون خرج البوابتين يكافئ خرج بوابة OR بمدخلين مداخلها موصلة بخرج هاتين البوابتين.



الشكل (١ – ٥)

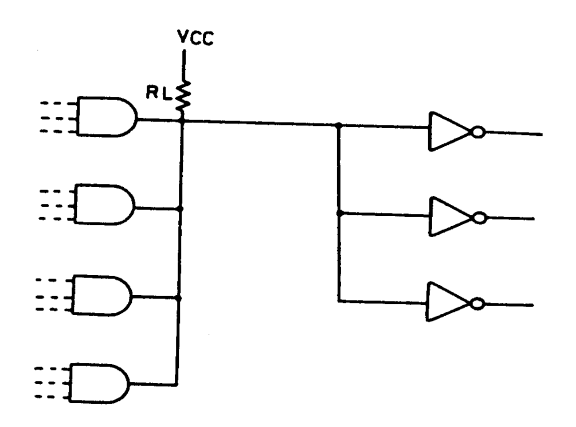
وتختلف قيمة مقاومة الجذب Pull Up Resistance التى توصل مع المجمع المفتوح مع جهد المصدر Vcc باختلاف عدد المخارج ذات المجمع المفتوح الموصلة على التوازى n، وكذلك عدد المداخل التى توصل بالمجمع المفتوح على التوازى n.

والجدول (١ – ٢) يبين قيم مقاومة الجذب العظمى والصغرى لأعداد مختلفة من المخارج ذات المجمع المفتوح المتوازية (n)، وأعداد مختلفة من مداخل البوابات الموصلة بالتوازى مع مخرج البوابة ذات المجمع المفتوح (n).

الجدول (١ – ٢)

n	قيمة Rmax بالأوم عندما تكون n مساوية							Rmin عندما
	1	2	3	4	5	6	7	n = 1: 7
1	8965	4814	3291	2500	2015	1688	1452	319
2	7878	4482	3132	2407	1954	1645	1420	359
3	7027	4193	2988	2321	1897	1604	1390	410
4	6341	3939	2857	2241	1843	1566	1361	479
5	5777	3714	2736	2166	1793	1529	1333	575
6	5306	3513	2626	2096	1744	1494	1306	718
7	4905	3333	2524	2031	1699	1460	1280	958
8	4561	3170	2419	1969	1656			1437
9	4262	3023	غير مسموح به					2875
10	4000							4000

والشكل (١ – ٦) يبين طريقة توصيل مجموعة من المخارج ذات المجمعات المفتوحة معًا بالتوازى.



الشكل (١ – ٦)

حيث إن عدد مخارج المجمعات المفتوحة الموصلة على التوازى تساوى 4 = n
وعدد المداخل الموصلة على التوازى 3 = n .

ومن الجدول (١ – ٢) فإن :

$$R_{max} = 2321\ \Omega$$

$$R_{min} = 410\ \Omega$$

أى أن قيمة مقاومة الجذب $410 \le R_L \le 2321$

ويمكن اختيارها فى هذه الحالة $2\ K\Omega$ لأن هذه القيمة تقع فى المدى المسموح به .

وأهم الدوائر المتكاملة التى تحتوى على بوابات منطقية عائلة ..74 هى :

١ – دوائر متكاملة تحتوى على أربع بوابات NAND بمدخلين طراز 7401, 7403

٢ – دائرة متكاملة تحتوى على ثلاث بوابات NAND بثلاثة مداخل طراز 7412

٣ – دائرة متكاملة تحتوى على بوابتى NAND بأربعة مداخل طراز 7422

٤ – دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR بمدخلين طراز 7433

٥ – دائرة متكاملة تحتوى على ستة عواكس Inverter طراز 7405

٦ – دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات AND بمدخلين طراز 7409

ثانيًا: المخرج ذو القطب الرمزى Totem pole output

والشكل (١ – ٧) يبين شكل خرج المجمع ذى القطب الرمزى علمًا بأن هذا النوع من المخارج هو الأكثر انتشاراً. **وفيما يلى الخواص الفنية لهذا المخرج:**

١ – سرعة أداء عالية عن المخرج ذى المجمع المفتوح.

٢ – لهذا المخرج حالتان فقط عالية – منخفضة.

٣ – لا يحتاج لتوصيل خارجى لجهد المصدر كما هو الحال فى المخرج ذى المجمع المفتوح.

٤ – لا يمكن تغيير مستوى الجهد المنطقى لهذا المخرج عن (0, + 5V).

الشكل (١ – ٧)

٥ – لا يمكن توصيل عدة مخارج لعدة بوابات مباشرة كما هو الحال فى المخرج ذى المجمع المفتوح.

ثالثًا: المخرج ذو الحالات الثلاثة Tristate Output

الشكل (١ – ٨) يبين شكل الخرج ذى الحالات الثلاثة **وفيما يلى الخواص الفنية لهذا المخرج:**

١ – لا يحتاج لتوصيل خارجى لجهد المصدر كما هو الحال فى المخرج ذى المجمع المفتوح.

٢ – لهذا المخرج ثلاث حالات وهى: عالٍ (5V +)، ومنخفض (0V)، ومقاومة عالية جداً (Z).

٣ – يمكن توصيل أكثر من مخرج بالتوازى كما هو الحال فى المخرج ذى المجمع المفتوح بشرط ان تكون كل المخارج فى

الشكل (١ – ٨)

الحالة الثالثة (مقاومة عالية Z) عدا مخرج واحد تكون حالته منخفضة أو عالية .

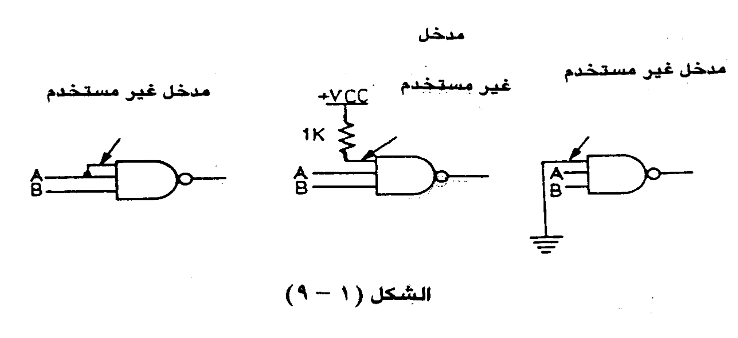
١ / ٢ / ٢ - إرشادات يجب مراعاتها عند استخدام الدوائر الرقمية TTL

١ - استخدم مصدر قدرة مستمر منتظم 5V + وذلك للحصول على جهد مستمر موجب يتراوح ما بين 5.25V : 4.75، وذلك عند استخدام دوائر TTL التجارية .

٢ - استخدم أسلاك سميكة أو خطوط سميكة فى الدوائر المطبوعة لوصلات القدرة، فيجب ألا يقل سمك خطوط القدرة فى الدوائر المطبوعة عن 0.08 بوصة أى 2 ملى متر .

٣ - وصل مكثف سعته 100µF مع جهد Vcc وأرضى المصدر عند مدخل القدرة للوحة المطبوعة، ويوصل مكثف سعته (0.01: 0.1µ F) مع خط Vcc والأرضى لكل دائرة متكاملة لها خرج ذات قطب رمزى Totem .

٤ - لا تترك مداخل البوابات غير المستخدمة عائمة Floating أى بدون توصيل، حيث إن أى مدخل عائم تكون حالته عالية، ولكن يتم توصيل المداخل غير المستخدمة بإحدى الطرق المبينة بالشكل (١ - ٩)، حيث توصل المداخل غير المستخدمة إما بالأرضى أو بالجهد Vcc أو بأحد المداخل الأخرى .



الشكل (١ - ٩)

٥ – لا تنزع أى دائرة متكاملة نوع TTL أثناء وصول التيار الكهربى لها .

٦ – يجب ترك المخارج غير المستخدمة مفتوحة .

٧ – يُنصح باستخدام كاوية لحام قدرتها 15w عند لحام هذه العناصر، وينبغى أن يكون طرف الكاوية رفيعًا، وأن يتم اللحام بسرعة حتى لا تسبب الحرارة العالية تلف الدائرة المتكاملة . ومن الأفضل استخدام قاعدة تثبيت للدائرة المتكاملة، حيث يتم لحامها مع اللوحة المطبوعة، ثم تركب عليها الدائرة المتكاملة فيما بعد، وبالتالى لا تتعرض الدائرة المتكاملة لأى حرارة كما أن هذا يسهل عملية تغيير الدائرة المتكاملة عند تلفها .

٨ – استخدم موصلات محورية Coaxial لمخارج الدوائر الرقمية TTL التى تحمل نفس الجهود ويزيد طولها عن 25 سنتيمتر .

١ / ٣ – أنظمة الأعداد والأكواد Code and Number Systems

إن معرفة النظم المختلفة للأعداد والأكواد يسهل على القارئ التعامل مع الدوائر الرقمية وقبل أن نبدأ فى سرد النظم المختلفة للأعداد والأكواد سنشير إلى **بعض المصطلحات التى تستخدم عادة مع نظم الأعداد المختلفة وهى :**

١ – إن أى عدد يتكون من مجموعة من الخانات Digits .

٢ – كل نظام أعداد له أساس ثابت وله مجموعة أعداد أساسية .

٣ – يمكن تحويل أى نظام أعداد إلى النظام العشرى للأعداد، والمستخدم فى حياتنا اليومية، وذلك باستخدام المعادلة التالية .

$$Z = a_0b^0 + a_1b^1 + a_2b^2 + ... \rightarrow 1.1$$

حيث إن :

العدد العشرى المكافئ	Z
الأعداد الأساسية	a_0, a_1, a_2
الأساس	b

أولاً : نظام الأعداد العشرية Decimal Numbers :

أساس نظام الأعداد العشرية 10 .

الأعداد الأساسية للنظام العشرى هى : 9 ,8 ,7 ,6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1 ,0 .

فيمكن القول إن العدد العشرى 456 يساوى :

$$456 = 4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

حيث إن : 10 هى أساس النظام العشرى.

أما 6 ,5 ,4 هى الأعداد الأساسية للنظام العشرى.

ثانيًا : نظام الأعداد الثنائية Binary Numbers :

أساس نظام الأعداد الثنائية 2.

الأعداد الأساسية لنظام الأعداد الثنائية هى 1 ,0.

مثال : حول العدد الثنائى $^{MS}(10110110)_2{}^{LS}$ لمكافئه العشرى؛ علمًا بأن الخانة اليسرى هى الأعلى رتبة MS ورتبتها 2^7 الخانة اليمنى هى الأقل رتبة LS ورتبتها 2^0 وبالتالى فإن :

$$Z = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$= (182)_{10}$$

علمًا بأن كل خانة من خانات العدد الثنائى تسمى Bit ويسمى العدد الثنائى بكلمة Word، وتتكون الكلمة عادة من مجموعة من الخانات Bits .

ثالثًا : نظام الأعداد الثمانية Octal Numbers

الأساس 8.

الأعداد الأساسية 7 ,6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1 ,0.

مثال : حول العدد الثمانى $(1763)_8$ لمكافئه العشرى :

$$Z = 1 \times 8^3 + 7 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 3 \times 8^0$$

$$= (1067)_{10}$$

رابعًا : نظام الأعداد السداسية عشر Hexadecimal Numbers :

الأساس 16.

الأعداد الأساسية 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

وفيما يلى المكافئ العشرى للأعداد الأساسية A, B, C, D, E, F :

A = 10 B = 11 C = 12 D = 13 E = 14 F = 15

مثال : حول العدد السداسى عشر $(1A6)_{16}$ لمكافئه العشرى :

$$Z = 1 \times 16^2 + A \times 16^1 + 6 \times 16^0$$

$$= (422)_{10}$$

خامسًا : الأعداد العشرية المكودة ثنائيًا BCD :

يمكن تمثيل الأعداد العشرية بأعداد ثنائية حيث إن أى عدد عشرى أساسى (أى يتكون من خانة واحدة) يمكن تمثيله بعدد ثنائى له أربع خانات .

مثال : حول العدد العشرى 7493 لعدد عشرى مكود ثنائيًا :

$$(7493)_{10} = (\underbrace{0111}_{7}\ \ \underbrace{0100}_{4}\ \ \underbrace{1001}_{9}\ \ \underbrace{0011}_{3})$$

١ / ٤ - العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية

سنتناول فى الفقرات التالية العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية بشىء من الإيجاز .

١ / ٤ / ١ - المقاومات الكهربية Resistors

تعتبر المقاومات من أهم العناصر الكهربية المستخدمة فى الدوائر الرقمية وتصنع المقاومات من مواد مختلفة علمًا بأن نوع مادة المقاومة يحدد الخواص الفنية للمقاومة **وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى نوعين أساسيين وهما :**

١ - مقاومات خطية Linear Resistors .

٢ – مقاومات غير خطية Nonlinear Resistors .

أولاً : المقاومات الخطية وهى تخضع لقانون أوم مثل :

أ – مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرصة الحصول على مقاومات مختلفة عند نقاط تفرعها .

ب – الريوستات Rheostat وهى مقاومة متغيرة بطرفين حيث تتغير قيمة المقاومة بين طرفيها بتغير وضع ذراع ضبطها .

جـ – مجزئ الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف 3 ,2 ,1 بحيث إن المقاومة بين الطرفين 3 ,1 تمثل المقاومة الكلية للمجزئ وهى ثابتة ولا تتغير بتغيير وضع ذراع ضبط المجزئ وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1,2 والمقاومة بين الطرفين 3 ,1 وهما مقاومتان متغيرتان تبعًا لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ .

د – المقاومات الثابتة القيمة وتوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة سنذكر طريقتين منها وهما كما يلى :

* طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية) حيث تستخدم الأحرف التالية كمضاعفات :

$M = 10^6$ $K = 10^3$ $R = 1$

وتستخدم الأحرف التالية لبيان التفاوت :

$F = \pm 1\%$ $G = \pm 2\%$ $J = \pm 5\%$ $K = \pm 10\%$ $M = \pm 20\%$

أمثلة : المقاومة 100RK تعنى مقاومة ($100\ \Omega \pm 10\%$) .

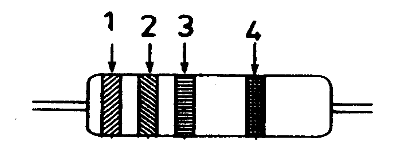
المقاومة 10k2G تعنى مقاومة ($10.2\ K\Omega \pm 2\%$) .

* طريقة التشفير بالألوان وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الكربونية الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين (0.25W:2W) علمًا بأن حجم المقاومة يعطى بيانًا بقدرتها كما هو مبين بالجدول (١ – ٣) .

الجدول (١ - ٣)

القطر mm	الطول (mm)	القدرة (W)
2.3	6.5	0.25
3.2	9.5	0.5
4.5	12	1
5	16	2

ويرسم على هذه المقاومات أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها وترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار (الجهة القريبة من الحلقات) إلى اليمين كما هو موضح بالشكل (١ - ١٠).



الشكل (١ - ١٠)

والجدول (١ - ٤) يعطى مدلول الحلقات الملونة في المقاومات ذات الحلقات الأربعة والمقاومات ذات الحلقات الخمس.

الجدول (١ – ٤)

رقم الحلقة الملونة	مدلول الحلقات الملونة	
	المقاومات ذات الحلقات الأربع	المقاومات ذات الحلقات الخمس
الحلقة الأولى	الرقم الأول	الرقم الأول
الحلقة الثانية	الرقم الثانى	الرقم الثانى
الحلقة الثالثة	المضاعف أو الجزء	الرقم الثالث
الحلقة الرابعة	التفاوت	المضاعف أو الجزء
الحلقة الخامسة	------	التفاوت

والجدول (١ – ٥) يعطى مدلول الألوان المختلفة للحلقات الملونة للمقاومات.

الجدول (١ – ٥)

اللــــون	أسود	بني	احمر	برتقالي	اصفر	اخضر	ازرق	بنفسجي	رمادي	ابيض	ذهبي	فضي	بدون لــون
الرقم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	----	----	----
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	
التفاوت كنسبة مئوية		±1	±2								±5	±10	±15

فمثلا :

إذا كان ألوان الحلقات الأربعة لمقاومة كربونية :

الحلقة الأولى بنى ويكافئ 1

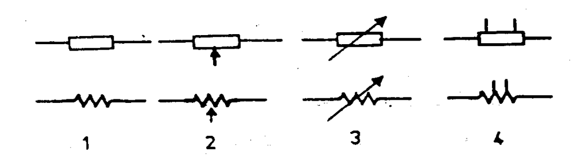
الحلقة الثانية أسود ويكافئ 0

الحلقة الثالثة أزرق ويكافئ 10^6

الحلقة الرابعة ذهبى ويكافئ ± 5%

فإن قيمة هذه المقاومة ($10x10^6$ ±5%) أى (10MΩ ±5%) .

وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية، **حيث إن**: الرمز (1) لمقاومة ثابتة والرمز (2) لمجزئ جهد، والرمز (3) لريوستات، والرمز (4) لمقاومة بنقطتى تفرع.



ثانيًا: المقاومات غير الخطية Non Linear Resistors

وهى مقاومات لا تخضع لقانون أوم لأن قيمتها تتغير تبعًا لمؤثرات خارجية مثل:

أ – المقاومة الحرارية Thermistor وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما:

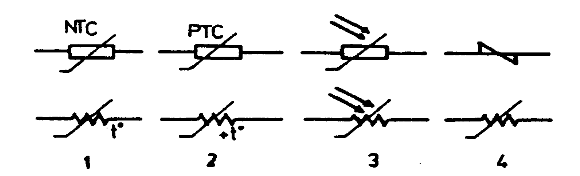
– المقاومة الحرارية PTC وهى مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

– المقاومة الحرارية NTC وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

ب – المقاومة الضوئية (الحساسة للضوء) LDR وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من عدة ميجا أوم في الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار.

جـ – مقاومة معتمدة على الجهد VDR وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها وفيما يلى رموز هذه المقاومات، فالرمز (1) لمقاومة حرارية ذات معامل حراري سالب NTC . والرمز (2) لمقاومة حرارية ذات معامل حراري موجب PTC.

والرمز (3) لمقاومة ضوئية LDR . والرمز (4) لمقاومة معتمدة على الجهد VDR.

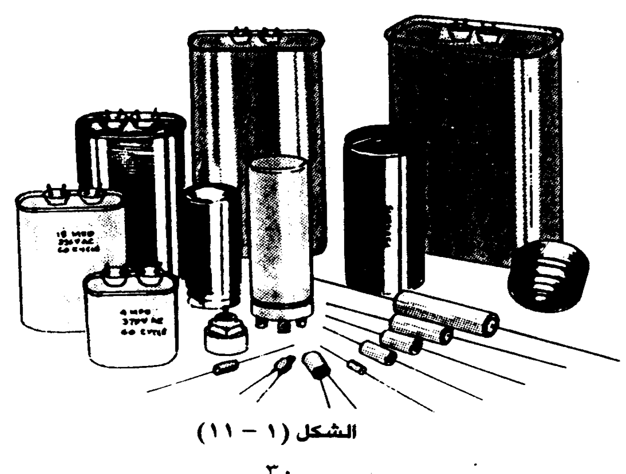


١ / ٤ / ٢ – المكثفات الكهربية Capacitors

يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربية أثناء تعرضه لفرق الجهد بين طرفيه وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفي المكثف أو انعدامه. ويسمى المكثف عادة تبعًا لنوع العازل المستخدم فيه مثل: الورق، والميكا، والسيراميك، والمحاليل الكيميائية... إلخ. وتسمي وحدة قياس سعة المكثفات بالفاراد F وهذه الوحدة كبيرة؛ لذلك تستخدم أجزاء هذه الوحدة مثل: الميكروفارادμF ، والنانوفاراد nF ، البيكوفاراد PF حيث إن:

$$\mu F = 10^{-6} F, \; nF = 10^{-9} F, \; PF = 10^{-12} F$$

والشكل (١ – ١١) يعرض نماذج مختلفة للمكثفات.



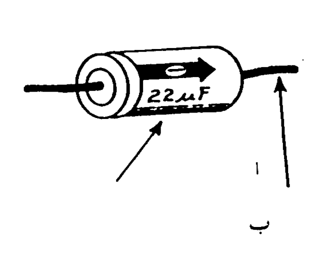
الشكل (١ – ١١)

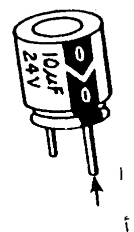
وتوجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف سنذكر أربعة منها وهى كما يلى:

١ – طريقة العرض المباشر:

حيث تكتب المعلومات الفنية على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد μF وجهد التشغيل بالڤولت V وكذلك توضع قطبية أحد طرفى المكثف سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب – وهذا موضح بالشكل (١ – ١٢) حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب وسوداء أو زرقاء عند القطب السالب.

حيث إن: الرجل (1) تمثل القطب السالب سواء فى المكثف ذى الأرجل النصف قطرية (أ) أو في المكثف ذى الأرجل المحورية (ب).

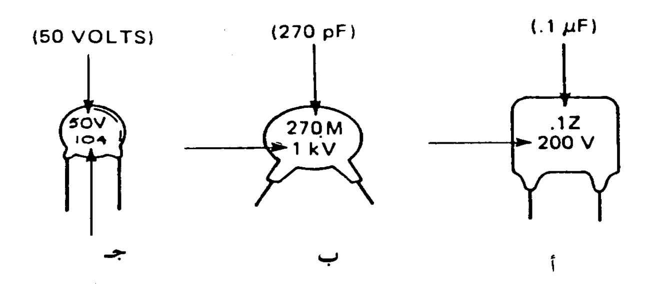




الشكل (١ – ١٢)

٢ – طريقة التشفير الحرفية:

وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات الصغيرة التى تكون على شكل قرص Disc حيث يكتب عليها السعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (١ – ١٣) أ، (١ – ١٣) ب.



الشكل (١ – ١٣)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية فالحرف Z يعنى ميكروفاراد μF والحرف M يعنى بيكوفاراد PF .

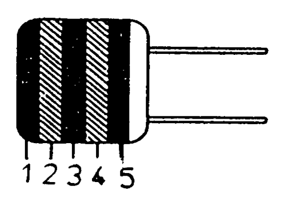
فالشكل (أ) به مكثف سعته Z 1 . أى (0.1μF) وبالشكل (ب) مكثف سعته 270M أى سعته (270PF) .

٣ – طريقة التشفير العددية :

وتستخدم فيها ثلاثة أعداد حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثانى كما بالشكل (١ – ١٣ جـ) فالسعة يعبر عنها بالشفرة 104 أى (100000PF) أما الجهد فيكتب مباشرة على المكثف .

٤ – طريقة التشفير بالألوان :

حيث ترسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (١ – ١٤) .



الشكل (١ – ١٤)

وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولي إستير الراتنجية Resin Dipped Polyester Capacitor . والجدول (١-٦) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة .

الجدول (١ - ٦)

اللـــون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثانى (الرقم المقابل)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث (المضاعف)				10^3	10^4	10^5				
الشريط الرابع التفاوت	±20%									±10%
الشريط الخامس الجهد المستمر			250V		400V					

مثال : إذا كان لون الشريط الأول بنى ويكافئ 1

الشريط الثانى أسود ويكافئ 0

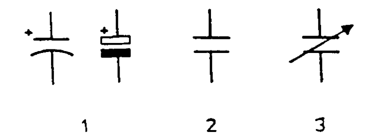
الشريط الثالث برتقالى ويكافئ 10^3

الشريط الرابع أسود ويكافئ ±20 %

الشريط الخامس أحمر ويكافئ 250 VDC

أى أن سعة المكثف تصبح مساوية $10 \times 10^3 = 10^4$ PF مع تفاوت مقداره ±20% وجهد تشغيل مستمر 250 VDC .

وفيما يلى رموز المكثفات، فالرمز (1) لمكثف كيميائى، والرمز (2) لمكثف عادى، والرمز (3) لمكثف متغير السعة:



١ / ٤ / ٣ - المصهرات Fuses

عادة يتم حماية الدوائر الرقمية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند حدوث قصر بالدائرة (أى تلامس الطرف الموجب + مع الطرف السالب - أو مع أرضى الدائرة) وذلك باستخدام المصهرات.

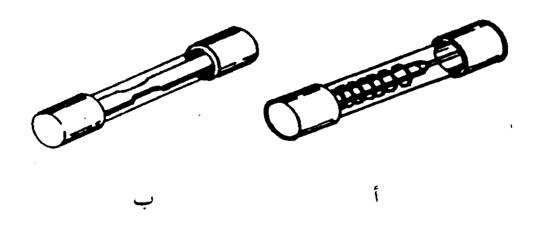
وعادة تكون المصهرات المستخدمة فى حماية الدوائر الالكترونية على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك لها قاعدتان معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص، وهذا السلك مصمم لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة. وهناك أنواع مختلفة من المصهرات حسب سرعة فصلها. وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعاً لسرعة الفصل.

١ - مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة (FF)، وتستخدم لحماية العناصر الالكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات.

٢ - مصهرات سريعة الفصل (F).

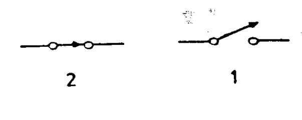
٣ - مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) وهى تتحمل تيار يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار، وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20ms وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (١ – ١٥) يعرض نموذجًا لمصهر نوع T الشكل (أ)، وآخر لمصهر سريع الفصل F الشكل (ب).



الشكل (١ – ١٥)

وفيما يلى الرموز المختلفة للمصهرات :



١ / ٤ / ٤ – المفاتيح اليدوية والضواغط

تعد المفاتيح اليدوية هى وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الالكترونية، ويوجد عدة أنواع من المفاتيح تبعًا لوظيفتها مثل :

١ – مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة.

وفيما يلى رمز مفتاح SPST بريشة مفتوحة NO (الرمز 1) وبريشة مغلقة NC (الرمز 2).

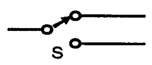
2 1

٢ – مـفـتـاح قطبين سكة واحـدة (DPST) وهذا المفـتـاح يحـتـوى على ريشـتين مفتوحتين 2NO، أو مغلقتين 2NC، أو أحدهما مفتوحة والأخرى مغلقة NO + NC، **وفيما يلى الرموز المختلفة لمفتاح قطبين سكة واحدة DPST :**

1 2 3

٣ – مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT) وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف أحدهما مشترك، والثانى مفتوح، والثالث مغلق.

وفيما يلى رمز هذا المفتاح :



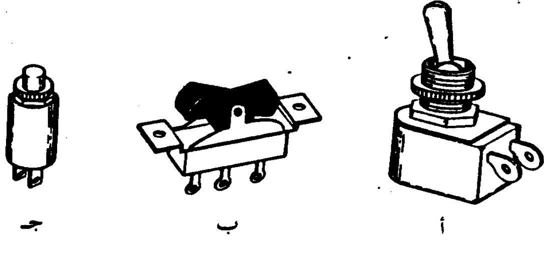
وتتواجد هذه المفاتيح المختلفة فى عدة صور تبعًا لطريقة تشغيلها :

أ – مفتاح بذراع يدوى Toggle Switch.

ب – مفتاح قلاب Rocker Switch.

جـ – مفتاح انضغاطى Push button Switch.

والشكل (١ – ١٦) يعرض صوراً توضيحية لهذه الأنواع مرتبة من اليمين لليسار.



الشكل (١ – ١٦)

والجدير بالذكر أن هناك فرقًا جوهريًا بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى، فالأول تتغير حالة ريشه، أى الريشة المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط عليه فقط. أما المفتاح الانضغاطى فتتغير حالة ريشه عند الضغط عليه، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى فتعود الريش لحالتها الطبيعية.

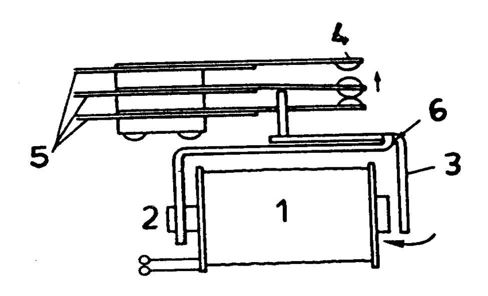
وفيما يلى رمز ضاغط بريشة مغلقة NC (الرمز 1) ورمز ضاغط بريشة مفتوحة NO (الرمز 2) :

PB PB

1 2

١ / ٤ / ٥ - ريليهات التحكم

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل التيار الكهربى عن الأحمال الكهربية. والشكل (١ - ١٧) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريليهات الكهرومغناطيسية.



الشكل (١ - ١٧)

حيث إن :

ملف كهربى	1	حافظة	3	ريش تلامس	5
قلب مغناطيسى	2	نقاط أبلاتين	4	سقاطة	6

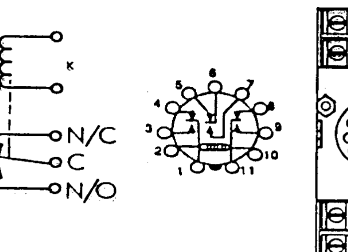
فعند وصول التيار الكهربى لملف الريلاى يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريش التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس. ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى.

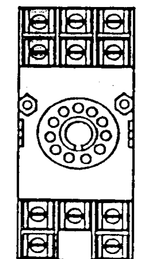
وهناك نوعان من الريليهات :

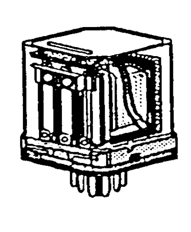
الأول : يثبت على اللوحات المطبوعة.

والثانى : يثبت على قاعدة تثبيت.

والشكل (١ ــ ١٨) يعرض ريلاى يثبت على قاعدة تثبيت الشكل (أ)، وقاعدة التثبيت الشكل (ب) ومخطط التوصيل الشكل (جـ) ورمز الريلاى الشكل (د).







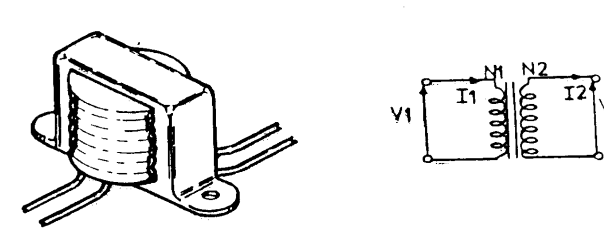
أ ب جـ .

الشكل (١ – ١٨)

١ / ٤ / ٦ - المحولات Transformers

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد، وتستخدم فى بناء مصادر التيار المستمر حيث تعمل علي خفض الجهد المتردد من 220V أو 120V إلى (24V أو 12V أو 5V).

ويتكون المحول فى العادة من ملفين، **أحدهما** يسمى بالملف الابتدائى، **والثانى** يسمى بالملف الثانوى. والشكل (١ - ١٩) يعرض نموذجًا لأحد المحولات والدائرة المكافئة للمحول.



الشكل (١ - ١٩)

والمعادلة التالية تسمى بمعادلة المحول :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow 1.2$$

وعادة يختار المحول تبعًا للجهود المطلوبة فى الابتدائى والثانوى، وكذلك تبعًا لسعة المحول (VA) والتى نحصل عليها من المعادلة التالية :

$$VA = V_1 I_1 = V_2 I_2 \rightarrow 1.3$$

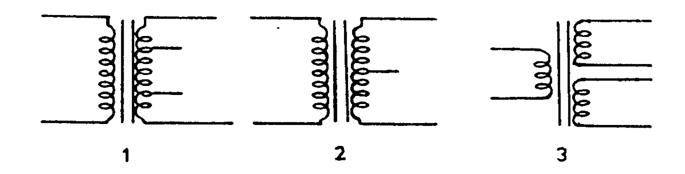
حيث إن :

جهد الملف الابتدائى V_1 تيار الملف الابتدائى I_1 عدد لفات الملف الابتدائى N_1

جهد الملف الثانوى V_2 تيار الملف الثانوى I_2 عدد لفات الملف الثانوى N_2

وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد فى الجانب الثانوى، والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر.

وفيما يلى رموز بعض أنواع من المحولات، فالرمز (1) لمحول بعدة نقاط تفرع، والرمز (2) لمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع) والرمز (3) لمحول بملفين ثانويين:



١ / ٤ / ٧ - الموحدات Diodes

يتكون الموحد من وصلة ثنائية P - N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل:

السليكون (Si)، أو الجرمانيوم (Ge) ويتواجد الموحد فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيها للدلالة على مكان المادة السالبة N، والتى تمثل المهبط Cathode، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة P والتى تمثل المصعد Anode. والشكل (١ - ٢٠) يعرض نموذجًا لموحد صغير طراز 1N914 ورمزه.

1N914

CATHODE

ANODE

الشكل (١ - ٢٠)

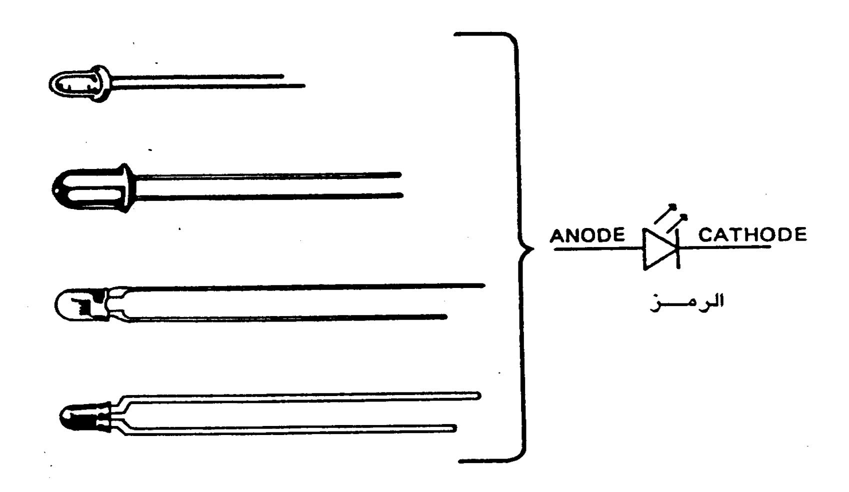
ويعتبر الموحد في الوضع الطبيعي كمفتاح مفتوح وبمجرد تعريضه لانحياز أمامي Forward bias أي ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V في حالة الموحد السليكوني يصبح كمفتاح مغلق، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربي من المصعد للمهبط ويقال إن الموحد في حالة وصل ON. أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسي Reverse bias أي تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب، ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح، ويقال إن الموحد في حالة قطع OFF.

والجدير بالذكر أن موحد السليكون يوصل عند جهد أمامي 0.7V، بينما يوصل موحد الجرمانيوم عند جهد أمامي 0.3V. لذلك يقال إن فقد الجهد في موحد السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V تقريباً، في حين أن فقد الجهد في موحد الجرمانيوم عندما **يكون منحازاً أمامياً يساوى 0.3V** تقريباً.

١ / ٤ / ٨ - الموحد الباعث للضوء LED

يشبه الموحد الباعث للضوء LED لحد **كبير** اللمبات الصغيرة، ويتواجد بألوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة. **والشكل** (١ - ٢١) يعرض رمزاً وأشكالاً مختلفة لموحدات باعثة للضوء.

فعادة لا ينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر من 2V، أما عندما يكون LED منحازاً عكسياً فإنه لا يمرر تياراً وبالتالي لا يضيء. ويوجد ألوان مختلفة من الموحدات الباعثة للضوء مثل: الأحمر والأصفر والبرتقالي والأخضر والأزرق؛ وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار، والذي يتراوح ما بين (5:25mA). وعادة توصل مقاومة على التوالي مع LED لتحديد شدة التيار المار



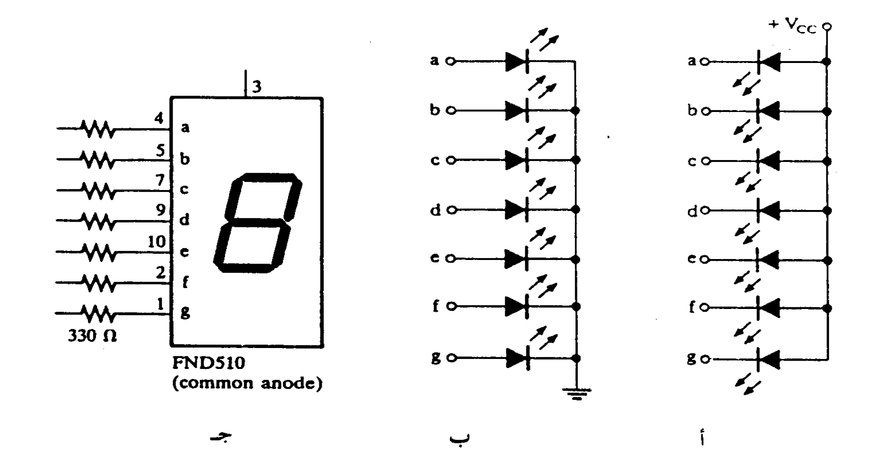
الشكل (١ – ٢١)

والجدول (١ – ٧) يبين قيم المقاومة التى توصل مع LED بالتوالى عند جهود مختلفة، علمًا بأنه يوجد ثلاثة أنواع من الموحدات الباعثة للضوء **الأول** منخفض القدرة وتياره (5mA)، **والثانى** قياسى وتياره (10mA) **والثالث** عالى القدرة وتياره (20mA).

الجدول (١ - ٧)

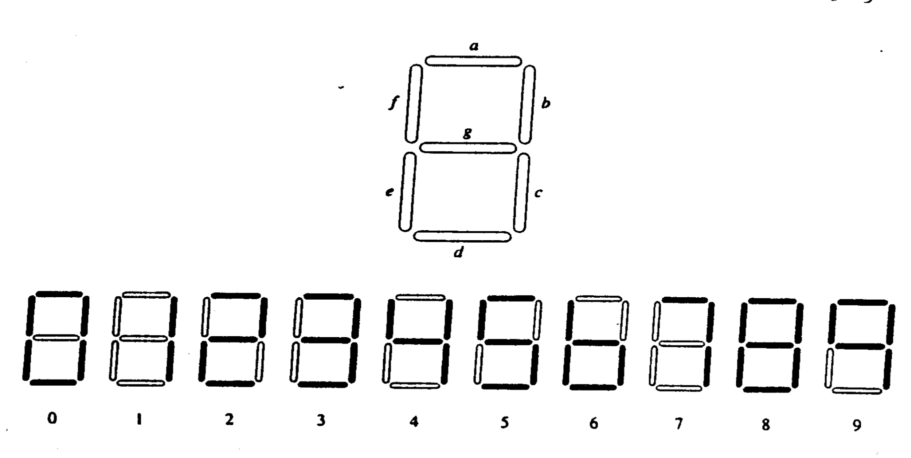
جهد الإمداد (V)	موحد باعث للضوء منخفض القدرة	موحد باعث للضوء قياسى	موحد باعث للضوء عالي القدرة
3	220 Ω	180 Ω	56 Ω
5	680 Ω	270 Ω	150 Ω
6	820 Ω	390 Ω	220 Ω
9	1.5 Ω	680 Ω	390 Ω
12	2.2 K Ω	1 K Ω	560 Ω
15	2.7 K Ω	1.2 K Ω	680 Ω
18	3.3 K Ω	1.5 K Ω	820 Ω
24	4.7 KΩ	2.2 K Ω	1.2 KΩ

وتستخدم الموحدات الباعثة للضوء على نطاق واسع فى صناعة وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح Seven Segment display والتى تستخدم مع أجهزة القياس والساعات الرقمية.. إلخ. وتتكون وحدة العرض الرقمية من 7 موحدات باعثة للضوء مبططة، وهى تتواجد فى صورتين، إما بمصعد مشترك Common Anode، أو مهبط مشترك Common Cathode. والشكل (١ - ٢٢) يعرض دائرة وحدة عرض رقمية بمصعد مشترك (أ)، ودائرة وحدة عرض رقمية بمهبط مشترك (ب)، وشكل توضيحى لوحدة عرض رقمية بمصعد مشترك طراز FND510، بحيث توصل مهابط الموحدات السبعة بمقاومات 330 Ω لتحديد التيار عندما يكون جهد الإمداد 5V +.



الشكل (١ – ٢٢)

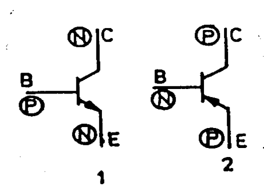
والشكل (١ – ٢٣) يبين كيفية الحصول على الأعداد 9 - 0 على وحدة عرض رقمية.



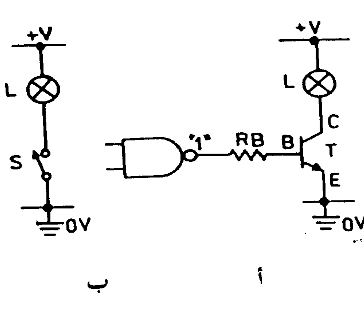
الشكل (١ – ٢٣)

١ / ٤ / ٩ – الترانزستور ثنائي القطبية Bipolar transistor

يتكون الترانزستور ثنائي القطبية من وصلة ثلاثية إما NPN أو PNP . وللترانزستور ثلاثة أطراف، الطرف الأول يسمى بالمجمع (C)، والطرف الثاني يسمى القاعدة (B)، والطرف الثالث يسمى الباعث E . وفيما يلي رموز الترانزستورات فالرمز (1) لترانزستور NPN، والرمز (2) لترانزستورPNP ويبين اتجاه السهم الموضوع عند الباعث نوع الترانزستور، فالسهم الداخل للقاعدة يعني ترانزستور PNP، والسهم الخارج من القاعدة يعني ترانزستور NPN .



ويستخدم الترانزستور عادة كمفتاح وصل وقطع التيار الكهربي في الدوائر الرقمية، كما يستخدم لرفع مستوى تيار البوابات المنطقية . فالشكل (١ – ٢٤) يبين طريقة توصيل ترانزستور NPN كمفتاح في دوائر التيار المستمر (أ) والدائرة الكهربية المكافئة (ب)، فعندما يكون خرج البوابة المنطقية عاليًا فإن جهد القاعدة B يصبح أعلى من جهد الباعث E، فيمر تيار القاعدة I_B ويتحول الترانزستور من حالة القطع Cut OFF إلى حالة الوصل ON، ويمر تيار المجمع I_C فتضيء اللمبة L_1. وعندما يصبح خرج البوابة منخفضًا يتحول الترانزستور لحالة القطع OFF أي يصبح تيار المجمع I_C مساويًا الصفر.

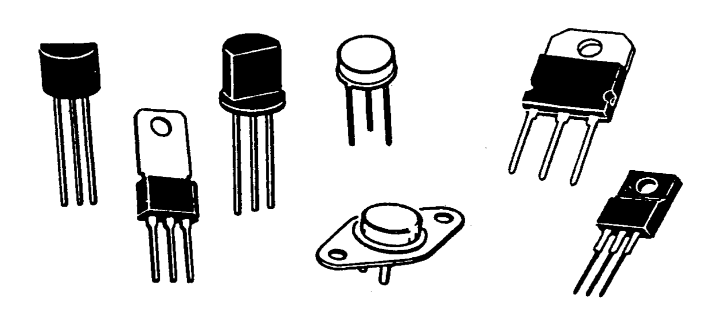


الشكل (١ – ٢٤)

والشكل (١ – ٢٥) يبين طريقة استخدام ترانزستور PNP كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ)، والدائرة المكافئة الكهربية باستخدام المفتاح اليدوى S (ب). فعندما يكون خرج البوابة المنطقية منخفضًا، فإن الترانزستور T سيتحول لحالة الوصل، وذلك لأن جهد القاعدة B أصبح منخفضًا عن جهد الباعث E، ويمر تيار سالب فى القاعدة ويتحول الترانزستور لحالة الوصل ويمر تيار الباعث ويضىء المصباح L_1. وعندما يصبح خرج البوابة عاليًا يتحول الترانزستور T لحالة القطع أى يصبح تيار الباعث I_E مساويًا الصفر.

الشكل (١ – ٢٥)

والشكل (١ – ٢٦) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات المتوفرة فى الأسواق.

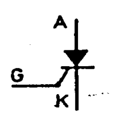


الشكل (١ – ٢٦)

١ / ٤ / ١٠ - الثايرستور SCR

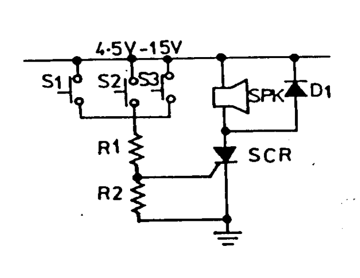
يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر وكموحد فى دوائر التيار

المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللثايرستور ثلاثة أطراف وهى: المهبط K، والمصعد A، والبوابة G. وعند وجود فرق جهد موجب بين البوابة والمهبط يتحول الثايرستور لحالة الوصل، ويصبح مكافئًا لمفتاح مغلق ويظل على هذا الحال حتى بعد انعدام فرق الجهد بين البوابة والمهبط إلى أن ينخفض التيار المار فيه عن الحد الأدنى اللازم لإبقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى بتيار الإمساك. **وفيما يلى رمز SCR:**



والشكل (١ – ٢٧) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK. فعند الضغط على أحد الضواغط S1, S2, S3 فإن الجهد +15V سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R1, R2 لأنهما متساويتان، وبالتالى يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط 7.5V فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويمر تيار كهربى عبر السماعة مارًا بالمصعد A والمهبط K.

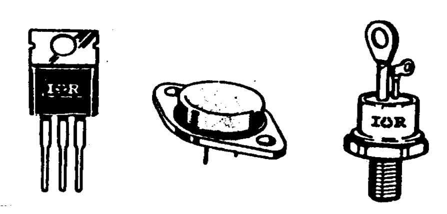
وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل فى حالة ON وتظل السماعة SPK فى حالة ON إلى أن يتم قطع التيار الكهربى عن الدائرة فينقطع التيار المار فى الثايرستور ويتحول الثايرستور لحالة القطع Cut off.



الشكل (١ – ٢٧)

والجدير بالذكر أن الموحد D1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عند

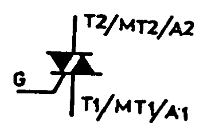
انقطاع التيار الكهربى عن ملف السماعة SPK، وبالتالى تمنع تلف الثايرستور والشكل (١ – ٢٨) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة فى الأسواق .



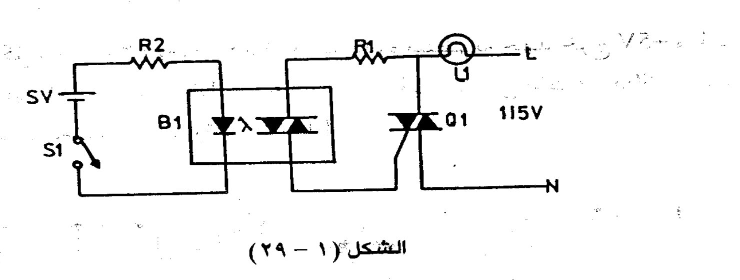
الشكل (١ – ٢٨)

١ / ٤ / ١١ – الترياك Triac

يستخدم الترياك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية . وللترياك ثلاثة أطراف، وهى الطرف الأول T_1 ، الطرف الثانى T_2 ، والبوابة G . وفى الوضع الطبيعى يكون الترياك فى حالة قطع Cut off، ويعمل كمفتاح مفتوح . وبمجرد تسليط فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 يتحول الترياك لحالة الوصل ON، ويعمل كمفتاح مغلق ويمر التيار الكهربى من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 طالما يوجد فرق جهد بين البوابة والطرف T_2 . **وفيما يلى رمز الترياك :**



والشكل (١ – ٢٩) يوضح فكرة عمل الترياك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة L_1 .



الشكل (١ - ٢٩)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 47Ω	R_1	وحدة ارتباط ضوئية طراز MOC3011	B_1
مقاومة كربونية 360Ω	R_2	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
ترياك طراز 2N6342A	Q_1	لمبة تعمل عند جهد 115V	L_1

فعند غلق المفتاح S1 فإن وحدة الارتباط الضوئى B_1 سوف تعمل لمرور تيار كهربى فى الموحد الباعث للضوء الخاص بها وبالتالى يتحول الترياك الضوئى لوحدة الارتباط لحالة الوصل ويصبح كما لو كان مفتاحًا مغلقًا، وينشأ عن ذلك فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 للترياك الرئيسى Q_1 فيتحول لحالة الوصل وتضىء اللمبة L_1 وتظل اللمبة L_1 مضيئة طالما أن المفتاح S_1 مغلق ولكن بمجرد فتح المفتاح S_1 يتحول الترياك لوحدة الارتباط الضوئى B_1 لحالة القطع ويصبح كمفتاح مفتوح فيختفى فرق الجهد بين البوابة G والطرف T_2 للترياك الرئيسى Q_1 ويتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفئ المصباح L_1.

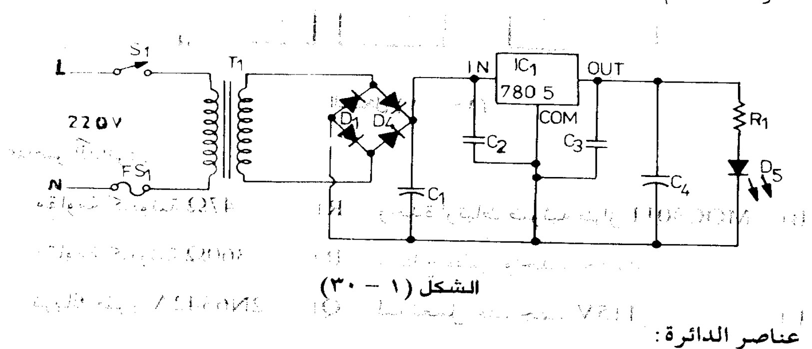
والجدير بالذكر أن شكل الترياك لا يختلف عن شكل الثايرستور ولكن بالطبع الرمز والعمل يختلف.

١ / ٥ - مصادر القدرة المستمرة المنتظمة

يتكون مصدر القدرة المستمرة المنتظمة من محول ودائرة توحيد تتكون من

مجموعة من الموحدات ومكثفات لإزالة الذبذبات من خرج دائرة التوحيد ومنظم جهد لضمان ثبات جهد الخرج مع تغير تيار الحمل.

والشكل (١ – ٣٠) يعرض دائرة مصدر قدرة منتظم له جهد خرج +5V والحد الأقصى لتيار الخرج يساوى 1A باستخدام منظم الجهد الثلاثى الأطراف 7805 وهذه الدائرة تستخدم كمصدر قدرة لدوائر TTL .



الشكل (١ – ٣٠)

عناصر الدائرة :

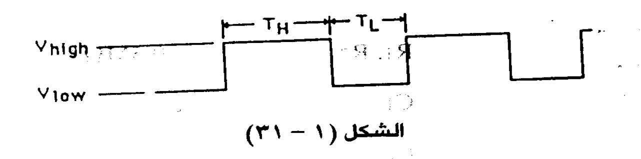
مقاومة كربونية 270Ω	R_1	أربع موحدات طراز 1N4001	D_1,D_4
مكثف كيميائى 2200µf/25V	C_1	محول خفض 220/6V وتياره 2A	T_1
مكثف سيراميك 100nF	C_2,C_3	موحد مشع قياسى تياره 10mA	D_5
مكثف كيميائى 10µf/10V	C_4	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
دائرة متكاملة طراز LM7805	IC_1		

وعند غلق المفتاح S_1 يضيء الموحد الباعث للضوء D_5 للدلالة على وجود خرج للدائرة .

والجدير بالذكر أن منظم الجهد 7805 يجب تثبيته على قطعة من الألومنيوم أبعادها (1.5x2Cm) وسمكها 2mm وذلك لتبريد منظم الجهد .

١ / ٦ – المذبذبات اللامستقرة باستخدام المؤقت 555

تعتبر المذبذبات القلب النابض فى معظم الدوائر الرقمية . وتقوم المذبذبات عديمة الاستقرار Astable Multivibrators بتوليد موجات مربعة كما بالشكل (١–٣١) .

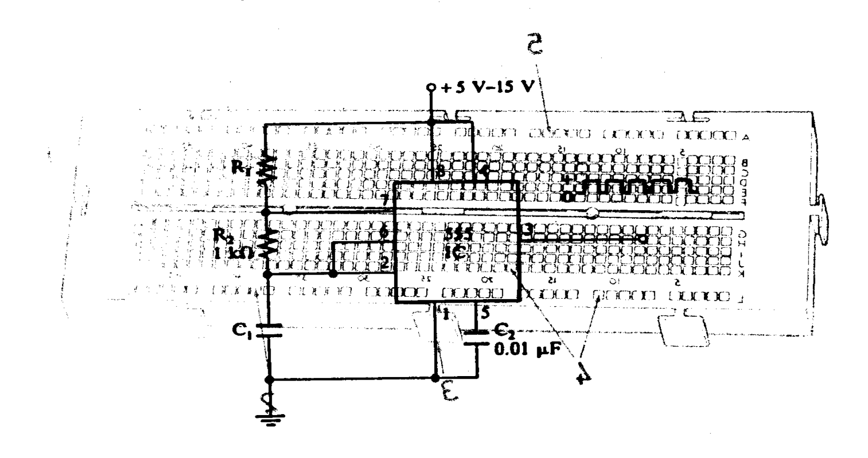


الشكل (١ – ٣١)

حيث يتغير جهد هذه الموجات بين قيمتين ثابتتين وهما الجهد العالى Vhigh والجهد المنخفض Vlow . وأهم الدوائر المتكاملة المستخدمة فى بناء المذبذبات اللامستقرة وهما الدائرة المتكاملة 555 .

والشكل (١ – ٣٢) يبين طريقة توصيل مؤقت NE555 للحصول على مذبذب لا مستقر.

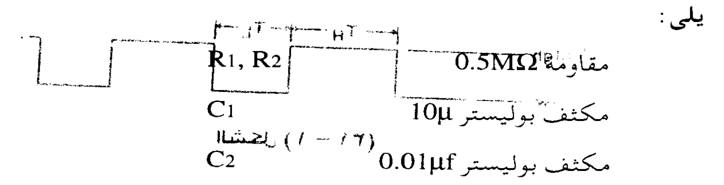
وتتراوح قيمة R_1, R_2 ما بين (1KΩ : 1MΩ) .



الشكل (١ – ٣٢)

وتتراوح قيمة C_1 ما بين (10µ : 10p) .

وللحصول على موجة مربعة ترددها 0.1HZ فإن مكونات هذه الدائرة تكون كما يلي :

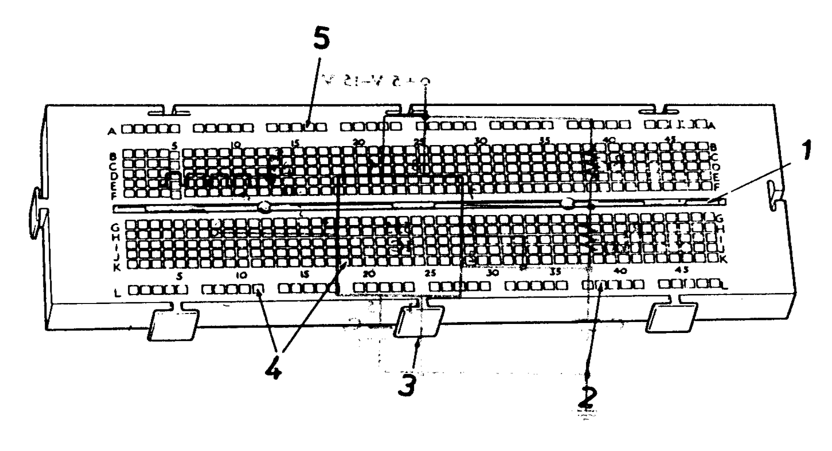


مقاومة $0.5M\Omega$	R_1, R_2
مكثف بوليستر 10μ	C_1
مكثف بوليستر $0.01\mu f$	C_2

وتكون النسبة بين زمن الوصل إلى زمن الفصل متساويًا (2 : 1) كما أن أقصى تيار خرج لهذه الدائرة المتكاملة (100mA).

١ / ٧ – لوحة التجارب Bread Board

لوحة التجارب هي لوحة تستخدم في تنفيذ تجارب هذا الكتاب بدون لحام ويمكن بسهولة تبديل عنصر مكان عنصر. والشكل (١ – ٣٣) يبين أحد نماذج لوحات التجارب.



الشكل (١ ـ٣٣)

حيث إن :

القناة المركزية	1	مقابس	4
الصف السالب	2	الصف الموجب	5
أذينة	3		

وتحتوى هذه اللوحة على 12 صفًا والصف العلوى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها وكذلك فإن الصف السفلى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها. ويخصص الصف العلوى عادة للجهد الموجب للدائرة. أما الصف السفلى فيخصص للجهد السالب أو الأرضى.

والجدير بالذكر أن باقى الصفوف العشرة تحتوى على 50 قابسًا وتتصل مقابس كل عمود أعلى القناة المركزية 1 وكذلك تتصل مقابس كل عمود أسفل القناة المركزية.. فمثلاً: تتصل المقابس F10, E10, D10, C10, B10 معًا وأيضًا تتصل المقابس G12, H12, I12, J12 K12 معًا وهكذا. حيث إن F10 تعنى القابس الموجود فى الصف F والعمود رقم 10. وتزود هذه اللوحة بمجموعة من الأذينات والشقوق فيوجد ثلاث أذينات على امتداد الجانب السفلى وثلاثة شقوق على امتداد الجانب العلوى. وكذلك يوجد أذينة واحدة فى الجهة اليسرى وشقًا واحداً فى الجهة اليمنى. ويستفاد من الأذينات والشقوق فى إمكانية تجميع أكثر من لوحة تجارب معًا لعمل لوحة تجارب كبيرة للدوائر الالكترونية الكبيرة.

فيمكن تجميع مجموعة من لوحات التجارب، إما بالعرض أو بالطول، حيث تدخل أذينات لوحة التجارب فى شقوق اللوحة الأخرى وهكذا.

والجدير بالذكر أن لوحات التجارب لا يمكن الاعتماد عليها بشكل نهائى فهى تستخدم للتجارب فقط، كما هو واضح من اسمها، حيث تستخدم فى اختبار أى دائرة قبل الشروع فى تنفيذ هذه الدائرة على اللوحات المطبوعة.

البـاب الثانى

التجـارب العمليـة علـى الدوائـر الرقميـة TTL

٢ / ١ - البوابات المنطقية Logic Gates

الشكل (٢ - ١) يعرض البوابات المنطقية المختلفة وجداول الحقيقة Truth Tables لكل منها وهى كما يلى :

١ - العازل Buffer : وهو لا يغير من الحالة المنطقية فحالة الدخل تماثل حالة الخرج .

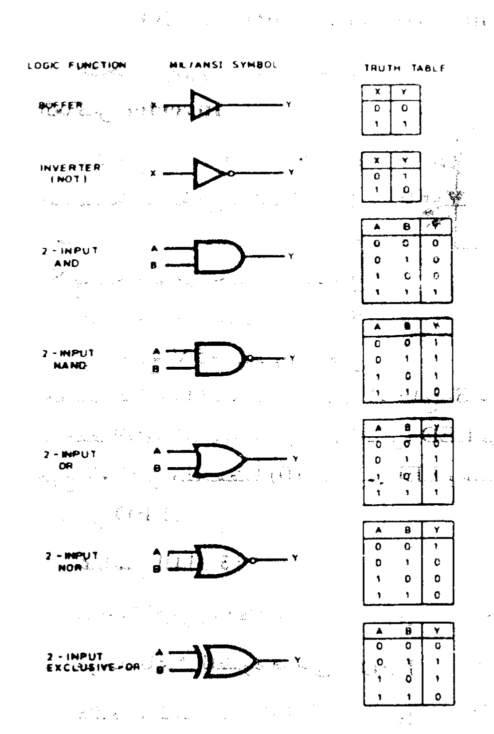
٢ - العاكس Inverter : وهو يعكس الحالة المنطقية فحالة الخرج المنطقية هى عكس حالة الدخل المنطقية .

٣ - بوابة AND : يكون حالة خرجها 1 عندما تكون حالة جميع مداخلها 1 .

٤ - بوابة NAND : يكون حالة خرجها 0 عندما تكون حالة جميع مداخلها 1 .

٥ - بوابة OR : يكون حالة مخرجها 1 عندما تكون حالة أحد مداخلها على الأقل 1 .

٦ - بوابة NOR : يكون حالة مخرجها 0 عندما تكون



الشكل (٢ - ١)

حالة أحد مداخلها على الأقل 1 .

٧ – **بوابة XOR** : يكون حالة مخرجها 1 عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها 1 .

٨ – **بوابة XNOR** : يكون حالة مخرجها 0 عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها 1 .

ملاحظة :

XOR تعنى (Exclusive OR) أما XNOR تعنى (Exclusive NOR) .

التجربة رقم (١) دراسة عمل العاكس Inverter

الشكل (٢ – ٢) يبين الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل العاكس والجدير بالذكر أن المفتاح S_1 يتحكم فى حالة مدخل العاكس فعندما يكون المفتاح S_1 على وضع +5V يكون دخل العاكس عالياً (1) وعندما يكون المفتاح S_1 على وضع 0V يكون دخل العاكس منخفضاً(0). أما الموحد الباعث للضوء LED فيبين حالة خرج العاكس فعندما يكون خرج العاكس منخفضاً (0) يضىء LED وعندما يكون خرج العاكس مرتفعاً (1) ينطفئ LED .

الشكل (٢ – ٢)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 330Ω	R_1	مصدر قدرة مستمر +5V
موحد باعث للضوء قياسى	LED	قاعدة دائرة متكاملة 14 رجلاً
دائرة متكاملة طراز 7404	IC	لفة سلك $0.5mm^2$ سوداء
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1	لفة سلك $0.5mm^2$ حمراء

خطوات التجربة :

١– نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢) .

٢– اترك المفتاح S_1 على وضع +5V ثم لاحظ حالة LED .

٣– ضع المفتاح S_1 على وضع 0V ولاحظ حالة LED .

٤– تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣,٢ تتفق مع جدول الحقيقة للعاكس .

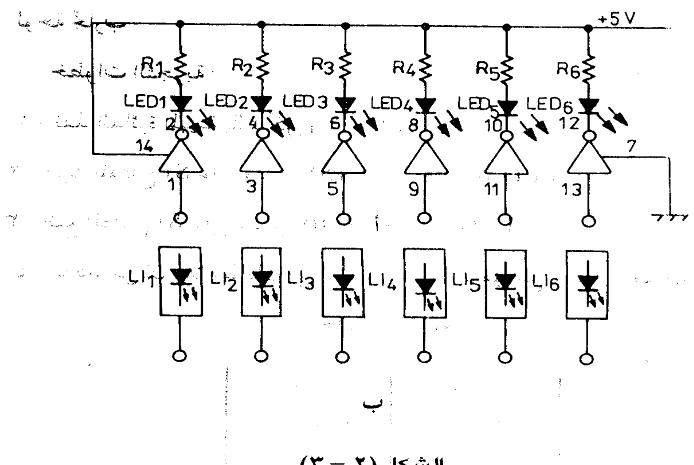
جدول الحقيقة

المدخل (الرجل 1)	المخرج (الرجل 2)
0	1
1	0

الخلاصة :

يكون خرج العاكس Inverter عالياً عندما تكون حالة مدخله منخفضة والعكس بالعكس .

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام العواكس الستة الموجودة فى الدائرة المتكاملة 7404 لعمل مبينات المستوى المنطقى المستخدمة فى تجارب هذا الباب بالطريقة المبينة بالشكل (٢ – ٢)؛ علماً بأن جميع المقاومات R_1 : R_6 قيمتها 330Ω وجميع الموحدات الباعثة للضوء LED_1 : LED_6 قياسية أى تيارها 10mA . علماً بأن الشكل (أ) يعرض طريقة التوصيل والشكل (ب) يبين رموز المبينات المنطقية التى سنستخدمها فى هذا الكتاب .



الشكل (٢ – ٣)

وحيث إن المبينات المنطقية سنستخدمها فى تجارب هذا الباب لذا ينصح بتنفيذ الدائرة المبينة بالشكل (أ) ، مع إبقائها بصفة مستديمة على لوحة التجارب .

تجربة رقم (٢) دراسة عمل بوابة AND

الشكل (٢ – ٤) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة AND، علماً بأن المفاتيح S_1, S_2 تتحكم فى حالة مداخل البوابة ذات الأرجل 1, 2 فتكون حالة المداخل عالية عندما تكون المفاتيح S_1S_2 على وضع +5V . وتكون حالة المداخل منخفضة عندما تكون المفاتيح S_1,S_2 على وضع 0V. أما مبين المستوى المنطقى LI_1 فيستخدم فى ملاحظة حالة المخرج (الرجل 3) فعندما تكون حالة المخرج عالية (1) يضىء مبين المستوى المنطقى LI_1 والعكس بالعكس.

الشكل (٢ – ٤)

عناصر الدائرة :

دائرة متكاملة طراز 7408 IC قاعدة دائرة متكاملة 14 رجلاً

مفاتيح قطب واحد سكتين S_1, S_2 لوحة تجارب

مصدر قدرة مستمر +5V مبين مستوى منطقى LI_1

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢–٤) .

٢ – اترك المفاتيح S_1, S_2 على وضع 0V ولاحظ حالة مبين المستوى المنطقى LI_1 .

٣ – ضع المفتاح S_1 على وضع +5V واترك المفتاح S_2 على وضع 0V ولاحظ حالة LI_1 .

٤ – ضع المفتاح S_2 على وضع +5V واترك المفتاح S_1 على وضع 0V ولاحظ حالة LI_1 .

٥ – ضع المفاتيح S_1, S_2 على وضع +5V ولاحظ حالة LI_1 .

٦ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة AND .

جدول الحقيقة

الخرج	الدخــل	
الرجل 3	الرجل 2	المدخل 1
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

الخلاصة :

يكون خرج بوابة AND عالياً عندما تكون حالة جميع المداخل عالية فقط.

تجربة رقم (٣) دراسة عمل بوابة OR

الشكل (٢ – ٥) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة OR؛ علماً بأن المفاتيح S_1, S_2 تتحكم فى حالة مداخل البوابة (الأرجل 1, 2) فتكون حالة المداخل عالية عندما تكون المفاتيح S_1, S_2 على وضع +5V وتكون حالة المداخل منخفضة عندما تكون المفاتيح S_1, S_2 على وضع 0V. أما مبين المستوى المنطقى LI_1 فيستخدم في ملاحظة حالة المخرج (الرجل3) فعندما تكون حالة المخرج عالية (1) يضىء مبين المستوى المنطقي LI_1 والعكس بالعكس.

الشكل (٢ – ٥)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن الدائرة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة المستخدمة طراز 7432 .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٥).

٢ – كرر الخطوات (٢ : ٥) فى التجربة السابقة.

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة (٢) تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة OR.

جدول الحقيقة

الدخل		الخرج
الرجل 1	الرجل 2	الرجل 3
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

الخلاصة :

يكون خرج بوابة OR عالياً عندما تكون حالة أحد مداخلها عالية .

التجربة رقم (٤) دراسة عمل بوابة NAND

الشكل (٢ – ٦) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة NAND.

الشكل (٢ – ٦)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن الدائرة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة المستخدمة طراز 7400 .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٦) .

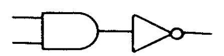
٢ – كرر الخطوات (٢ : ٥) فى التجربة رقم (٢) .

٣ ـ تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة (٢) تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة NAND.

جدول الحقيقة

المخرج	المداخل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

والجدير بالذكر أنه يمكن بناء بوابة NAND من عاكس متصل تتابعياً مع بوابة AND كما بالشكل (٢ – ٧).



الشكل (٢ – ٧)

تجربة رقم (٥) دراسة عمل بوابة NOR

الشكل (٢ – ٨) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة NOR، علماً بأن المفاتيح S_1, S_2 تتحكم فى حالة مداخل البوابة (الأرجل 1, 2) ومبين المستوى المنطقى LI_1 فيستخدم فى ملاحظة حالة مخرج البوابة (الرجل 3).

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن عناصر الدائرة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة المستخدمة طراز 7402.

الشكل (٢ – ٨)

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٨).

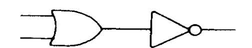
٢ – كرر الخطوات (٢ : ٥) فى التجربة رقم (٢).

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة NOR.

جدول الحقيقة

المداخل		المخرج
الرجل 1	الرجل 2	الرجل 3
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

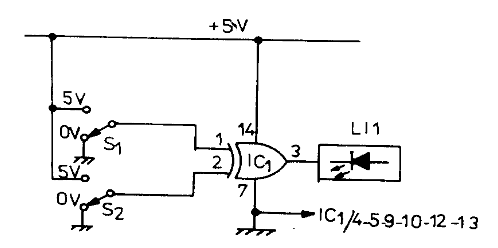
الخلاصة : يكون خرج بوابة NOR عالياً عندما تكون حالة جميع مداخلها منخفضة. والجدير بالذكر أنه يمكن بناء بوابة NOR باستخدام بوابة OR وعاكس Inverter بالطريقة المبينة بالشكل (٢ – ٩).



الشكل (٢ – ٩)

تجربة رقم (٦) دراسة عمل بوابة أو المنفردة XOR

الشكل (٢ – ١٠) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة XOR .



الشكل (٢ – ١٠)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن عناصر الدائرة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة المستخدمة طراز 7486 .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ١٠) .

٢ – كرر الخطوات (٢ : ٥) فى التجربة رقم (٢) .

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة XOR .

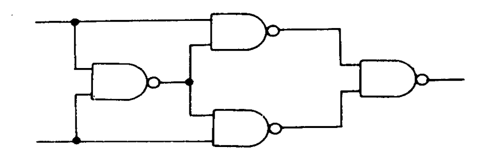
جدول الحقيقة

المخرج	المداخل	
الرجل 3	**الرجل 2**	**الرجل 1**
0	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

الخلاصة :

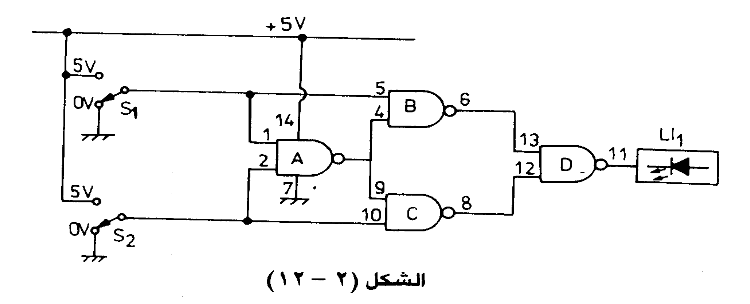
يكون خرج بوابة XOR عالياً عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها عالية .

والجدير بالذكر أنه يمكن بناء بوابة XORمن أربع بوابات NAND كما بالشكل (٢ - ١١).



الشكل (٢ - ١١)

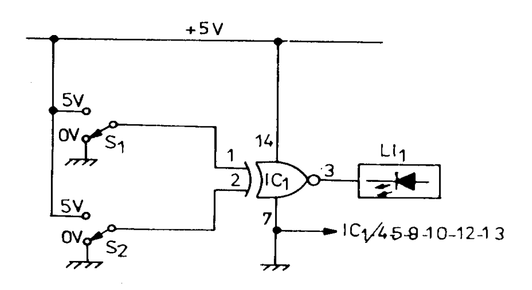
ويمكن التأكد من ذلك بتنفيذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ١٢) والتحقق من جدول الحقيقة لبوابة XOR . علماً بأن البوابات A - D هى البوابات الأربع للدائرة المتكاملة 7400 .



الشكل (٢ – ١٢)

تجربة رقم (٧) دراسة عمل بوابة نفى أو المنفردة XNOR

الشكل (٢ – ١٣) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل بوابة XNOR .



الشكل (٢ – ١٣)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن عناصر الدائرة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة المستخدمة طراز 74266 .

خطوات التجربة :

١–نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢–١٣) .

٢ – كرر الخطوات (٢ : ٥) فى التجربة رقم (٢) .

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة (2) تتفق مع جدول الحقيقة لبوابة XNOR .

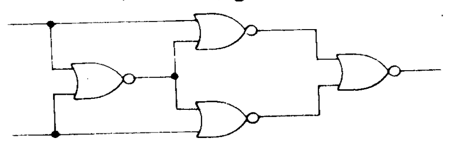
جدول الحقيقة

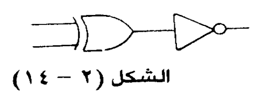
المخرج	المداخل	
الرجل 3	**الرجل 2**	**الرجل 1**
1	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

الخلاصة :

يكون خرج بوابة XNOR منخفضاً عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها عالية .

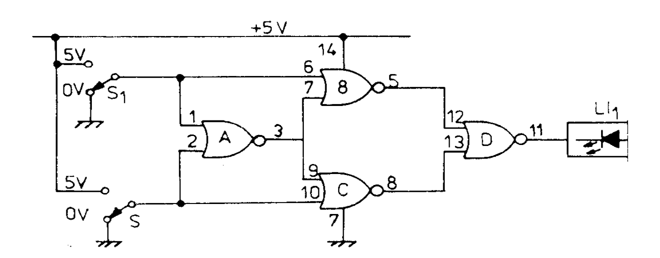
والجدير بالذكر أنه يمكن بناء بوابة XNOR من بوابة XOR وعاكس أو من أربع بوابات NOR بالطريقة المبينة بالشكل (٢ - ١٤) .





الشكل (٢ - ١٤)

ويمكن التأكد من إمكانية بناء بوابة XNOR باستخدام أربع بوابات NOR بتنفيذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ١٥) والتحقق من جدول حقيقة XNOR . علماً بأن البوابات A-D هى البوابات الأربع للدائرة المتكاملة 7402 .



الشكل (٢ - ١٥)

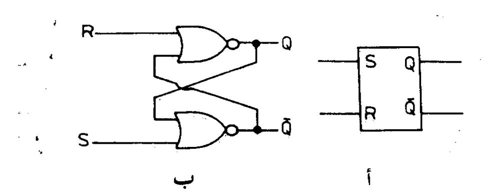
٢ / ٢ - القلابات Flip Flops

تسمى القلابات أحيانا بالعناصر الثنائية الاستقرار ولهذه العناصر حالتان إما عالية (1) أو منخفضة (0) وتمثل هذه العناصر نوعاً بسيطاً من أنواع الذاكرة؛ وذلك لأن خرجها فى أى لحظة يتحدد تبعاً لحالة آخر إشارة دخل وصلت لها . وسنتناول فى

التجارب التالية أهم القلابات .

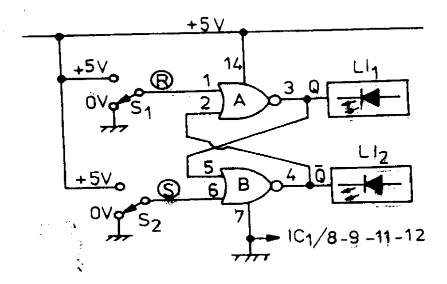
تجربة رقم (٨) بناء القلاب R-S باستخدام بوابتين NOR

الشكل (٢ – ١٦) يعرض رمز القلاب R - S الشكل (أ) والدائرة المكافئة باستخدام بوابتين NOR الشكل (ب) .



الشكل (٢ – ١٦)

ويلاحظ أن للقلاب مدخلين وهما مدخل التحرير R ومدخل الإمساك S ومخرجين متعاكسين $Q,\bar{Q}$ والشكل (٢ – ١٧) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل القلاب R-S باستخدام بوابتين NOR .



الشكل (٢ – ١٧)

عناصر الدائرة :

دائرة متكاملة طراز 7432	IC_1
مفاتيح قطب واحد سكتين	S_1, S_2
مبينات مستوى منطقى	LI_1, LI_2

مصدر قدرة 5V+

لوحة تجارب

قاعدة دائرة متكاملة بأربع عشرة رجلاً

خطوات التجربة:

١- نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ١٧).

٢- ضع المفتاح S2 على وضع 5V+ والمفتاح S1 على وضع 0V وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٣- ضع المفتاح S1,S2 على وضع 0V وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٤- ضع المفتاح S1 على وضع 5V+ والمفتاح S2 على وضع 0V وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٥- ضع المفاتيح S1,S2 على وضع 0V وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٦- ضع المفاتيح S1,S2 على وضع 5V+ وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٧- قارن بين ملاحظاتك فى الخطوات (٢ : ٦) مع المدون فى جدول عمل القلاب.

جدول عمل القلاب R - S

المداخل		الخارج	
S الرجل 6	R الرجل 1	Q الرجل 3	$\overline{Q}$ الرجل 4
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	خرج غير محدد	

الخلاصة:

١ - عندما تكون حالة مدخل الإمساك S عالية وحالة مدخل التحرير R منخفضة تصبح حالة مخرج القلاب Q عالية وحالة المخرج المعكوس Q منخفضة.

٢ ـ عندما تكون حالة مدخل الإمساك **S** منخفضة وحالة مدخل التحرير **R** مرتفعة تصبح حالة مخرج القلاب **Q** منخفضة وحالة المخرج المعكوس $\overline{Q}$ مرتفعة .

٣ ـ عندما تكون حالة كلا المدخلين **S,R** منخفضة لاتتغير حالة مخارج القلاب عن آخر وضع لها .

٤ ـ عندما يكون حالة كلا المدخلين **R,S** عالياً يصبح حالة مخارج القلاب غير محدد (أى مرة عالياً ومرة أخرى منخفضاً) وهذه الحالة يجب استبعادها .

التجربة رقم (٩) بناء القلاب R-S باستخدام بوابتين NAND :

الشكل (٢ ـ ١٨) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل القلاب R-S باستخدام بوابتين NAND .

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن الدائرة السابقة عدا استخدام الدائرة المتكاملة طراز 7400 .

خطوات التجربة :

١ ـ نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ ـ ١٨) .

الشكل (٢ ـ ١٨)

٢ ـ كرر الخطوات (٢ : ٦) فى التجربة السابقة .

٣ ـ قارن بين ملاحظاتك فى الخطوة (٢) مع المدون فى جدول عمل القلاب .

جدول عمل القلاب R - S

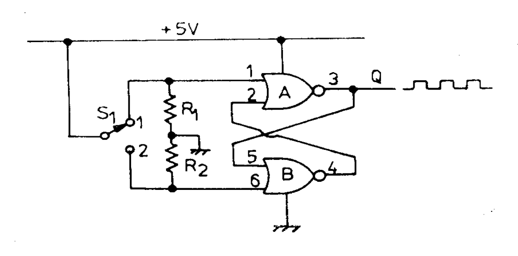
المداخل		المخارج	
$\overline{S}$ الرجل 1	$\overline{R}$ الرجل 5	Q الرجل 3	$\overline{Q}$ الرجل 6
1	0	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	غير محدد	

الخلاصة :

لا يختلف عمل قلاب R-S باستخدام بوابتين NAND عن عمل قلاب R-S باستخدام بوابتين NOR إلا أن الأول يكون فيه مدخل الإمساك المعكوس $\overline{S}$ فعالا عندما تكون حالته منخفضة وكذلك فإن مدخل التحرير المعكوس $\overline{R}$ يكون فعالا عندما تكون حالته منخفضة فى حين أن الثانى تكون مداخل الإمساك S والتحرير R فعالة عند الحالة العالية .

تجربة إضافية لمولد نبضات :

نفذ القلاب المبين بالشكل (٢ – ١٩) وتأكد من أنه عند وضع المفتاح S_1 على وضع (2) يصبح خرج القلاب عالياً، وعند وضع المفتاح S_1 على وضع (1) يصبح خرج القلاب منخفضاً .



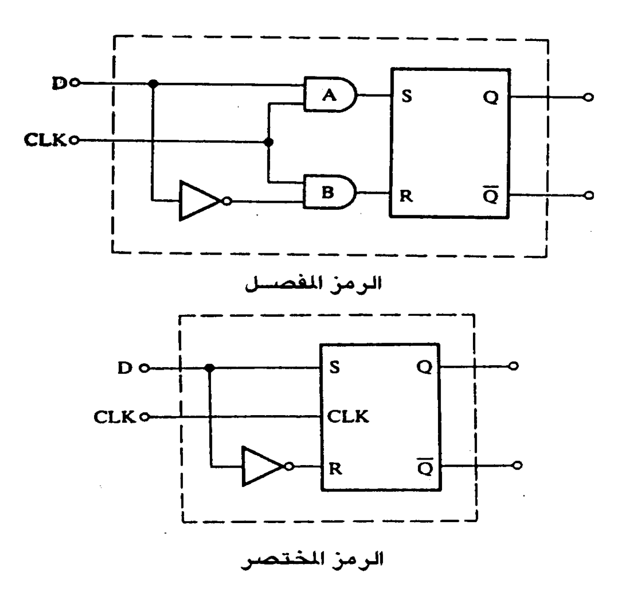
الشكل (٢ – ١٩)

حيث إن : المقاومات R_1, R_2 **هى مقاومات كربونية** 330Ω .

والجدير بالذكر أننا سنستخدم **هذه الدائرة كمولد** نبضات يدوى فى تجارب هذا الباب .

التجربة رقم (١٠) دراسة عمل القلاب D

صمم هذا القلاب للتغلب على المشكلة التى ظهرت عند استخدام القلاب R-S والتى تتمثل فى أنه عندما تكون حالة كل من المدخلين S, R عالية فإن حالة المخارج $Q, \overline{Q}$ تكون غير محددة، ولقد تم التغلب على هذه المشكلة فى القلاب D بالتأكد من أن R,S يتمم كل منهما الآخر أى أن حالة أحدهما هى معكوس حالة الآخر والشكل (٢ – ٢٠) يعرض رمز القلاب D المختصر ورمز القلاب D المفصل ويلاحظ أن قلاب D يكافئ قلاب R - S مع بوابتين AND وعاكس .



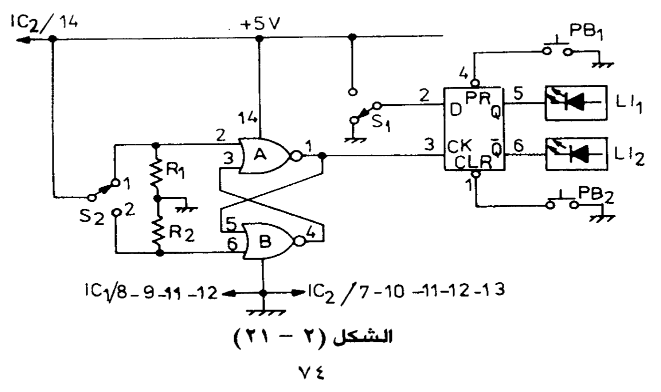
الرمز المفصـل

الرمز المختصر

الشكل (٢ – ٢٠)

ويلاحظ أن لهـذا القـلاب مـدخلين وهمـا مـدخل البيـانات D، ومـدخل نبـضات الساعة CLK وله مـخرجين مـتعـاكسـين وهـمـا المخـرج Q ومـعكوسـه $\overline{Q}$ وأحـيانـاً يزود القلاب بمدخلين إضافيين وهما مدخل الإمساك Preset ومدخل التحرير Clear .

والشكل (٢ – ٢١) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل القلاب D .



الشكل (٢ – ٢١)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 330Ω	R_1, R_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز 7402	IC_1 (A, B,..)
دائرة متكاملة تحتوى على قلابى D طراز 7474	IC_2 (FF1,..)
ضواغط بريشة مفتوحة	PB_1, PB_2
مفاتيح قطب واحد سكتين	S_1, S_2
لوحة تجارب	
مبينات مستوى منطقى	LI_1, LI_2
مصدر قدرة تيار مستمر +5V	
قاعدتان بأربع عشرة رجلاً	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢١) .

٢ – اضغط على الضاغط PB_1 للحظة وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$.

٣ – اضغط على الضاغط PB_2 للحظة وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$ . ..

٤ – اضغط على الضاغطين PB_1, PB_2 معاً للحظة وراقب حالة $Q, \bar{Q}$.

٥ – ضع المفتاح S_1 على وضع +5V ثم أدخل حافة صاعدة على مدخل النبضات CLK وذلك بنقل المفتاح S_2 من وضع (1) إلى وضع (2) ومراقبة حالة $Q, \bar{Q}$ ثم إعادة S_2 إلى وضع (1) .

٦ – كرر الخطوة (٥) ولكن مع وضع المفتاح S_1 على وضع 0V .

٧ – ضع المفتاح S_1 على وضع +5V وراقب حالة $Q, \bar{Q}$.

٨ – ضع المفتاح S_1 على وضع 0V وراقب حالة $Q, \bar{Q}$.

٩ – قارن بين ملاحظاتك فى الخطوات (٢ : ٨) مع المدون فى جدول عمل القلاب D التالى .

جدول عمل القلاب D

المداخـــــل				المخـــارج	
PR	CLR	CK	D	Q	$\bar{Q}$
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
0	0	X	X	1	1
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	0	X	Q_o	$\bar{Q}_o$

حيث إن :

حالة منخفضة أو عالية X

الحالة السابقة للمخرج Q Q_o

الحالة السابقة للمخرج $\bar{Q}$ $\bar{Q}_o$

وصول حافة صاعدة (انتقال من منخفض لعال) ↑

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك المعكوس PR منخفضة تصبح حالة Q عالية .

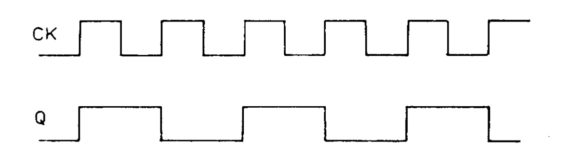
٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير المعكوس CLR منخفضة تصبح حالة $\bar{Q}$ عالية .

٣ – عندما تكون حالة مدخلى الإمساك والتحرير المعكوسة منخفضة فإن حالة $Q,\bar{Q}$ تكون عالية .

٤ – عندما تكون حالة مدخلى الإمساك والتحرير المعكوسة عالية تنتقل حالة مدخل البيانات D للمخرج Q عند وصول نبضة عالية لمدخل النبضات CLK .

٥ – لا تتغير حالة مخارج القلاب $Q,\bar{Q}$ مع تغير حالة مدخل البيانات D إذا كانت حالة PR,CLR عالية وحالة مدخل النبضات CLK منخفضة .

٦ - يستخدم القلاب D كمنصف لتردد الموجة الداخلة على مدخل النبضات CLK عندما تكون حالة المداخل PR, CLR, D عالية . كما بالشكل (٢ - ٢٢) .

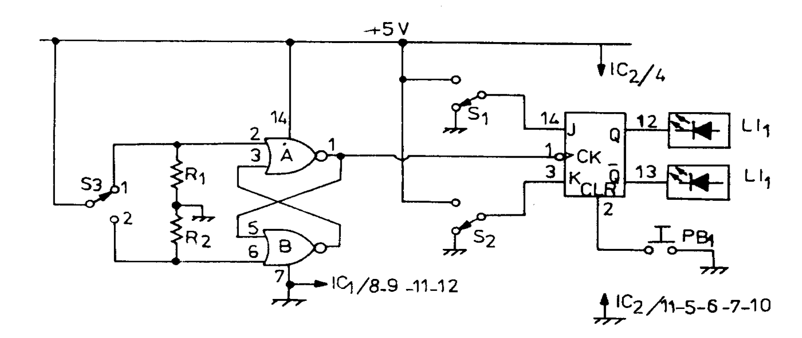


الشكل (٢ - ٢٢)

التجربة رقم (١١) دراسة عمل القلاب J-K

للقلاب J - K ثلاثة مداخل وهى (J, K, CLK) وله مخرجان متعاكسان Q, $\bar{Q}$ وأحيانا يزود هذا القلاب بمدخلين إضافيين وهما الإمساك PR والتحرير CLR تماماً كما هو الحال فى القلاب D .

والشكل (٢ - ٢٣) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل القلاب J - K .



الشكل (٢ - ٢٣)

عناصر الدائرة :

مقاومات 330Ω	R_1, R_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات (A-D)NOR طراز 7402	IC_1
دائرة متكاملة تحتوى على قلابين $(FF_1, FF2)$JK طراز 7473	IC_2
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
مفاتيح قطب واحد سكتين	S_1, S_2, S_3
لوحة تجارب	
مبينات مستوى منطقى	LI_1, LI_2
مصدر قدرة مستمر 5V+	
قاعدتان بأربع عشرة رجلاً	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٣) .

٢ – اضغط على الضاغط PB_1 وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$.

٣ – أدخل نبضة كاملة على مدخل النبضات CK وذلك بنقل المفتاح S_3 من الوضع (1) إلى الوضع (2) إلى الوضع (1) وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$.

٤ – ضع المفتاح S_1 على وضع 5V+ وأدخل نبضة كاملة على مدخل النبضات وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$.

٥ – ضع المفتاح S_2 على وضع 5V+ وأدخل نبضة كاملة على مدخل النبضات وراقب حالة المخارج $Q, \bar{Q}$.

٦ – ضع المفاتيح S_1, S_2 على وضع 5V+ وأدخل نبضات كاملة على مدخل النبضات CK وذلك بتحريك المفتاح S_3 حركة ترددية وراقب حالة $Q, \bar{Q}$.

٧ – قارن بين ملاحظاتك فى الخطوات (٢ : ٦) مع جدول حقيقة قلاب J - K التالى :

جدول الحقيقة

المداخل				الخارج	
CLR	CLK	J	K	Q	$\bar{Q}$
0	X	X	X	0	1
1	⎍	0	0	Q_0	$\bar{Q}_0$
1	⎍	1	0	1	0
1	⎍	0	1	0	1
1	⎍	1	1	منصف للتردد	

حيث إن :

X حالة منخفضة أو عالية $\bar{Q}_0$ الحالة السابقة للمخرج $\bar{Q}$

Q_0 الحالة السابقة للمدخل Q ⎍ وصول نبضة كاملة

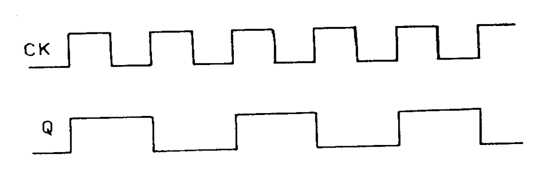
الخلاصة :

لهذا القلاب ثلاث حالات تشغيل وهي كما يلي :

١ – عندما يكون حالة مدخل التحرير المعكوس CLR منخفضاً يصبح حالة المخرج Q منخفضاً بغض النظر عن حالة باقي المداخل .

٢ – انتقال حالة المدخل J للمخرج Q وحالة المدخل K للمخرج $\bar{Q}$، وذلك عند وصول نبضة كاملة على مدخل النبضات بشرط أن تكون حالة المدخل J معكوس حالة المدخل K وحالة مدخل التحرير مرتفعة .

٣ – عمل القلاب كمنصف لتردد الموجة الداخلة على مدخل النبضات CK عندما يكون حالة كل من J, K, CLR عالياً . كما هو مبين بالشكل (٢ – ٢٤) .



الشكل (٢ – ٢٤)

٢ / ٣ – العدادات الرقمية Digtal Counters

العداد الالكترونى هو أداة تستخدم لحساب عدد النبضات التى تدخل إلى مدخل النبضات للعداد، ويتكون العداد من مجموعة من القلابات المتصلة معاً بطريقة تمكنها من العد . **وتنقسم العدادات إلى نوعين أساسيين تبعاً لنظرية عملها وهما :**

١ – عدادات متزامنة Synchronous Counters .

٢ – عدادات غير متزامنة Asynchronous Counters .

وتنقسم العدادات حسب وظيفتها إلى :

١ – عدادات تصاعدية UP Counters ويزداد خرجها بمقدار 1 كلما وصلت نبضة لمدخل نبضات العداد .

٢ – عدادات تنازلية Down Counters ويقل خرجها بمقدار 1 كلما وصلت نبضة لمدخل نبضات العداد وصولاً للصفر .

وتنقسم العدادات إلى ثلاثة أنواع من حيث نوع مخارجها وهى :

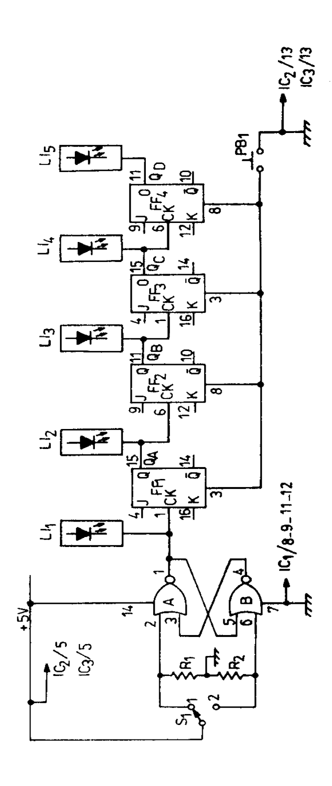
أ – عداد ثنائى .

ب – عداد ثنائى مكود عشرياً BCD ويطلق عليه أحياناً عداد عشرى .

جـ – عداد ثمانى وله ثلاثة مخارج .

التجربة رقم (١٢) بناء عداد تصاعدى غير متزامن بخرج ثنائى

الشكل (٢ – ٢٥) يعرض الدائرة المكافئة لعداد تصاعدى غير متزامن بخرج ثنائى والمستخدمة فى دراسة العداد التصاعدى .


+5V
IC2/5
IC3/5
S1
R1
R2
A
B
FF1
FF2
FF3
FF4
PB1
IC2/13
IC3/13
IC1/8-9-11-12

الشكل (٢ - ٢٥)

عناصر الدائرة :

مقاومتان 330Ω	R_1, R_2
دائرة متكاملة تحتوى على 4 بوابات NOR طراز 7402	IC_1
دائرتان متكاملتان تحتوى كل منهما على قلابى JK طراز 7476	IC_2, IC_3
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1
مبينات مستوى منطقى	LI_1 - LI_5

لوحة تجارب

مصدر قدرة +5V .

قاعدة IC بأربع عشرة رجلاً .

قاعدتان IC بست عشرة رجلاً .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٥) .

٢ – اضغط على الضاغط PB_1 للحظة لتحرير جميع القلابات وجعل خرجهم مساوياً 0 .

٣ – أدخل نبضات على مدخل نبضات القلاب FF_1 فعند تحريك المفتاح S_1 من الوضع (1) إلى الوضع (2) ثم إلى الوضع (1) تكون قد وصلت نبضة كاملة لمدخل نبضات FF_1 وراقب حالة المخارج الأربعة للعداد . وذلك بمراقبة حالة مبينات المستوى المنطقى (LI_2 : LI_5) .

٤ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوة (٣) عند النبضات (16 :1) تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى للعداد التصاعدى .

جدول الحقيقة

المكافئ العشرى للخرج	الخــــــــارج				رقم النبضة
	Q_A 2^0	Q_B 2^1	Q_C 2^2	Q_D 2^3	
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	2
3	1	1	0	0	3
4	0	0	1	0	4
5	1	0	1	0	5
6	0	1	1	0	6
7	1	1	1	0	7
8	0	0	0	1	8
9	1	0	0	1	9
10	0	1	0	1	10
11	1	1	0	1	11
12	0	0	1	1	12
13	1	0	1	1	13
14	0	1	1	1	14
15	1	1	1	1	15
0	0	0	0	0	16

الخلاصة :

١ – يمكن تحرير جميع مخارج العداد (أى تصبح حالة جميع مخارجه Q_A - Q_D عند الحالة المنطقية 0) عند وصول نبضة منخفضة لمدخل التحرير المعكوس R للعداد .

٢ – يزداد العدد الثنائى الخارج على مخارج العداد كلما وصلت نبضة لمدخل العداد وذلك عند الحافة الهابطة للنبضة الداخلة أى عند انتقال النبضة الداخلة من الحالة المنطقية العالية للحالة المنطقية المنخفضة .

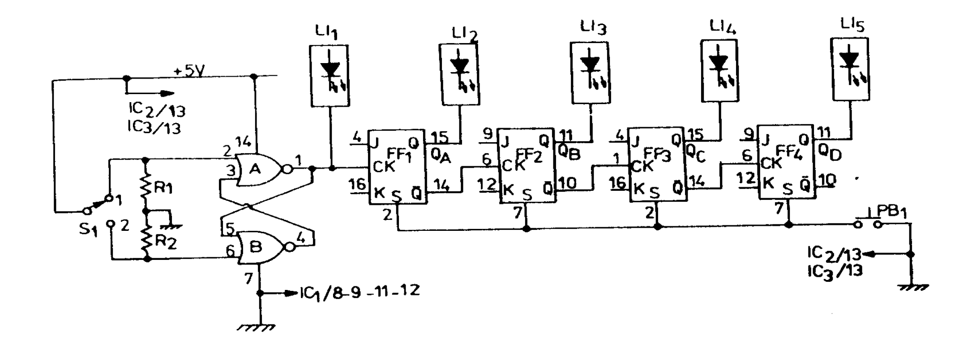
٣ - أقصى عدد ثنائى يخرج على مخارج العداد الثنائى هو (1111) والذى يكافئ 15 عشريا بعدها تعود دورة العد من جديد

والشكل (٢ - ٢٦) يعرض العلاقة بين النبضات الداخلة والنبضات الخارجة على مخارج العداد التصاعدى.

الشكل (٢ - ٢٦)

التجربة رقم (١٣) بناء عداد تنازلى غير متزامن بخرج ثنائى

الشكل (٢ - ٢٧) يعرض الدائرة المكافئة لعداد تنازلى غير متزامن بخرج ثنائى والمستخدمة فى دراسة العداد التنازلى .



الشكل (٢ - ٢٧)

عناصر الدائرة : لا تختلف عن عناصر التجربة السابقة .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٧) .

٢ – اضغط على الضاغط PB_1 للحظة فتصبح حالة مخارج جميع القلابات الأربعة (Q_A - Q_D) عالية .

٣ – أدخل نبضات على مدخل نبضات القلابات FF_1 بتحريك S_1 حركة ترددية بين الوضعين 1,2 مع مراقبة حالة مخارج العداد وذلك بمراقبة حالة مبينات لمستوى (LI_2 : LI_5) .

٤ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوة (٣) عند النبضات (16 : 1) تتفق مع جدول الحقيقة التالى للعداد التنازلى .

جدول الحقيقة

رقم النبضة	المخــــــــارج				المكافئ العشرى للخرج
	Q_D 2^3	Q_C 2^2	Q_B 2^1	Q_A 2^0	
0	1	1	1	1	15
1	1	1	1	0	14
2	1	1	0	1	13
3	1	1	0	0	12
4	1	0	1	1	11
5	1	0	1	0	10
6	1	0	0	1	9
7	1	0	0	0	8
8	0	1	1	1	7
9	0	1	1	0	6
10	0	1	0	1	5
11	0	1	0	0	4
12	0	0	1	1	3
13	0	0	1	0	2
14	0	0	0	1	1
15	0	0	0	0	0
16	1	1	1	1	15

الخلاصة :

١ – يمكن جعل مخارج العداد عند الحالة العالية وذلك عند وصول نبضة منخفضة لمدخل الإمساك المعكوس S للعداد .

٢ – يقل العدد الثنائي الخارج على مخارج العداد بمقدار واحد كلما وصلت نبضة لمدخل العداد وذلك عند الحافة الهابطة للنبضة الداخلة أي انتقال النبضة الداخلة من الحالة المنطقية العالية إلى الحالة المنطقية المنخفضة .

٣ – العداد قادر على العد من العدد الثنائي $(1111)_2$ والذي يكافئ 15 عشرياً . إلى العدد الثنائي $(0000)_2$ والذي يكافئ 0 عشرياً بعدها تتكرر دورة العد .

والشكل (٢ – ٢٨) يعرض العلاقة بين النبضات الداخلة Input والنبضات الخارجة على مخارج العداد (Q_A - Q_D) .

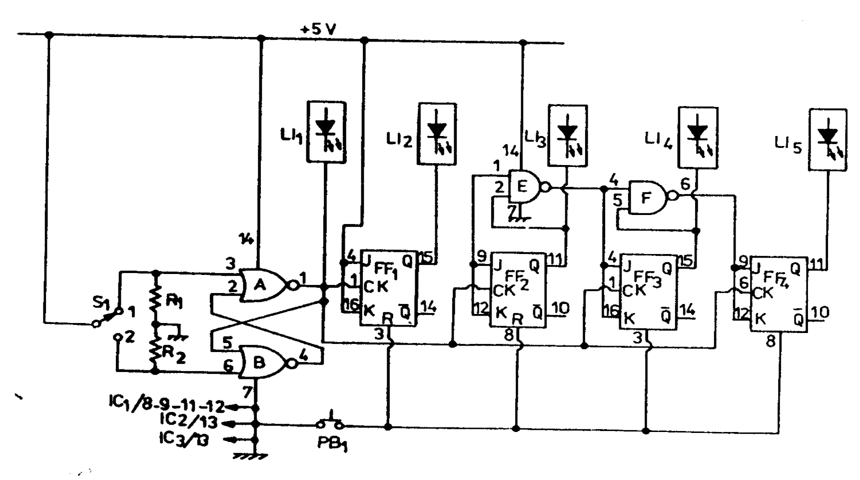
الشكل (٢ – ٢٨)

التجربة رقم (١٤) بناء عداد تصاعدي متزامن بخرج ثنائي

تمتاز العدادات التزامنية بالسرعة الفائقة مقارنة بالعدادات غير المتزامنة والشكل (٢ – ٢٩) يبين الدائرة المكافئة لعداد تصاعدي متزامن بخرج ثنائي والمستخدم في دراسة عمل العدادات المتزامنة التصاعدية .

العناصر المستخدمة :

لا تختلف عن العناصر المستخدمة فى **التجربة السابقة سوى إضافة دائرة متكاملة** تحتوى على أربع بوابات **AND** طراز 7408 .



الشكل (٢ – ٢٩)

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٩) .

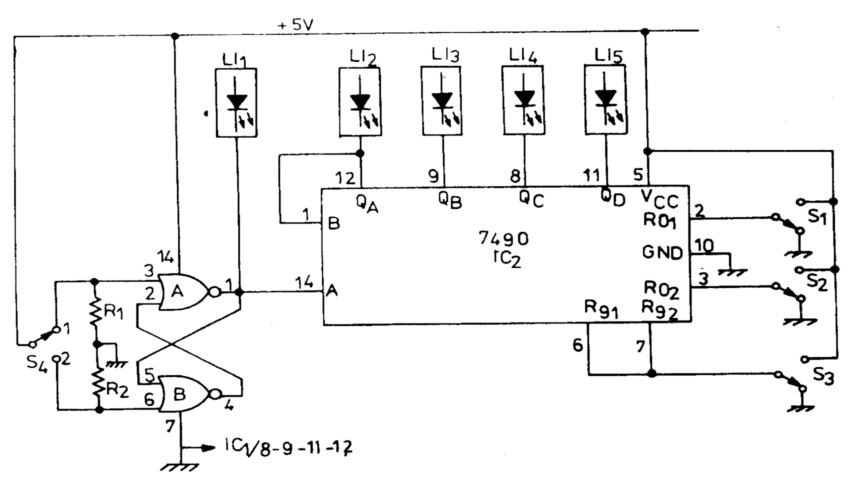
٢ – كرر الخطوات (٢ : ٤) الموجودة فى **التجربة (١٢)** .

الخلاصة :

١ – لا تختلف عن مثيلتها للتجربة (١٢) **سوى أن العداد التصاعدى المتزامن ذو** الخرج الثنائى والذى نحن بصدده **يعمل عند الحافة الصاعدة للموجة الداخلة** على مدخل نبضات القلاب الأول **CK أى عند الانتقال من الحالة المنخفضة إلى** الحالة العالية .

التجربة رقم (١٥) دراسة عمل الدوائر المتكاملة للعدادات غير المتزامنة

الشكل (٢ - ٣٠) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل العداد العشرى التصاعدى 7490.



الشكل (٢ - ٣٠)

عناصر الدائرة:

مقاومتان 330Ω	R1, R2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز 7402	IC1
دائرة متكاملة لعداد عشرى تصاعدى طراز 7490	IC2
مفاتيح قطب واحد سكتين	S1, S2, S3
لوحة تجارب	
مبينات مستوى منطقى	LI1 : LI5
مصدر قدرة +5V	
قاعدتان IC بأربع عشرة رجلاً	

خطوات التجربة :

١– نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٠) .

٢– ضع المفاتيح S_1,S_2 على وضع +5V ولاحظ حالة مخارج العداد Q_D - Q_A .

٣– ضع المفاتيح S_1,S_2 على وضع الأرضى والمفتاح S_3 على وضع +5V ولاحظ حالة المخارج Q_4 - Q_1 .

٤– ضع المفاتيح S_1, S_2 على وضع الأرضى وكذلك المفتاح S_3 على وضع الأرضى وأدخل نبضات على مدخل النبضات A للعداد، وذلك بتحريك المفتاح S_4 بين الوضعين 1, 2 ولاحظ حالة مخارج العداد .

٥– تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات (٢ : ٤) تتفق مع محتويات جدول الحقيقة للعداد .

جدول الحقيقة

المداخل				المخارج			
R_{01}	R_{02}	R_{91}	R_{92}	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
1	1	0	X	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	0	0
X	X	1	1	1	0	0	1
X	0	X	0	يعـــــــد			
0	X	0	X	يعـــــــد			
0	X	X	0	يعـــــــد			
X	0	0	X	يعـــــــد			

الخلاصة :

١ – تصبح حالة مخارج العداد الأربعة Q_D : Q_A منخفضة عندما تكون حالة مدخلى التحرير R_{01}, R_{02} عالية .

٢ – يعمل العداد 7490 كعداد تصاعدى يعد من (0000) إلى (1001) والذى يكافئ 9 عشرياً، وذلك عندما تكون حالة أحد مدخلى التحرير R01, R02 على الأقل منخفضة مع وصول النبضات للمدخل A عند الحافة الهابطة لها.

٣ – تتحرر مخارج العداد (QA : QD) وتصبح حالتها منخفضة عند وصول النبضة العاشرة للعداد وتتكرر دورة العد من جديد.

٤ – يمكن تحميل مخارج العداد بالعدد العشرى 9 والذى يكافئ (1001) عندما تكون حالة مدخلى التحميل Rg1, Rg2 عالية.

تجربة إضافية :

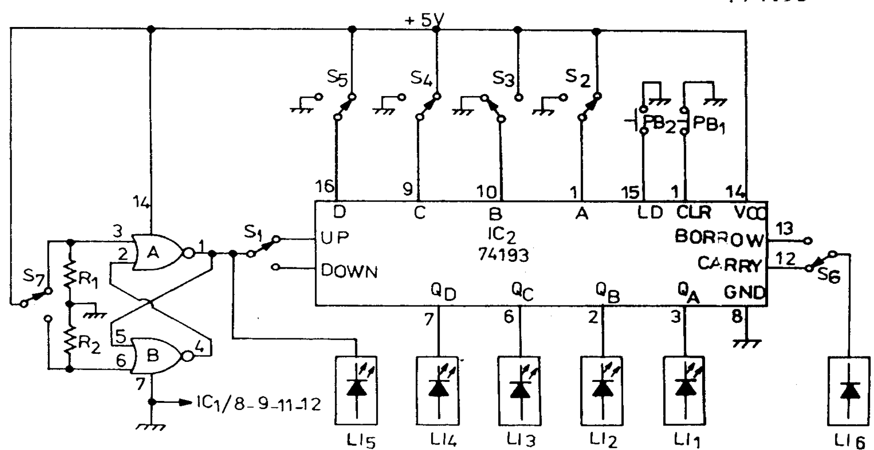
أعد نفس التجربة السابقة ولكن مع استخدام الدائرة المتكاملة للعداد التصاعدى الثنائى 7493 بدلاً من الدائرة المتكاملة 7490

علماً بأن الدائرة المستخدمة لا تختلف عن الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٠).

والجدير بالذكر أن أقصى عدد يصل إليه العداد 7493 هو (1111) والذى يكافئ 15 عشرياً.

التجربة رقم (١٦) دراسة عمل الدوائر المتكاملة للعدادات المتزامنة المبرمجة

الشكل (٢ – ٣١) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة خواص العداد المبرمج طراز 74193.



الشكل (٢ – ٣١)

عناصر الدائرة :

مقاومتان 330Ω	R_1, R_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز 7402	IC_1
دائرة متكاملة لعداد مبرمج طراز 74193	IC_2
ضاغط بريشة مغلقة	PB_1
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_2
مفاتيح قطب واحد سكتين	S_1 - S_7
لوحة تجارب	
مصدر قدرة 5V+	
مبينات مستوى منطقى	LI_1 - LI_6
قاعدة IC بأربع عشرة رجلاً	
قاعدة IC بست عشرة رجلاً	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣١) .

٢ – اضغط على الضاغط PB_1 للحظة فتصبح حالة مدخل التحرير CLR عالية . ستلاحظ أن جميع مخارج العداد ($Q_A : Q_D$) أصبحت ذات حالة منخفضة .

٣ – ضع المفاتيح $S_2:S_5$ بالطريقة المبينة بالشكل (٢ – ٣١) والتى تكافئ العدد الثنائى (1110) والعدد العشرى 14 .

٤ – اضغط على الضاغط PB_2 فتصبح حالة مدخل التحميل منخفضة وينتقل هذا العدد الثنائى (1110) لمخارج العداد فتضيء المبينات LI_2, LI_3, LI_4 ويكون LI_1 فى حالة إعتام .

٥ – ضع المفتاح S_1 على وضع UP ليعمل العداد كعداد تصاعدى .

٦ – أدخل نبضات على مدخل العداد التصاعدى UP بواسطة تحريك المفتاح S_7 حركة ترددية بين الوضعين 1, 2 وراقب مخارج العداد وسجل الحالة المنطقية لمخارج العداد عند كل نبضة فى الجدول (٢ – ١) .

الجدول (٢ - ١)

رقم النبضة	الحالة المنطقية للنبضة	المخـــــارج				المكافئ العشرى للخرج
		Q_D 2^3	Q_C 2^2	Q_B 2^1	Q_A 2^0	
0	0					
1	1					
	0					
2	1					
	0					
3	1					
	0					
--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--
16	1					
	0					

٧ - راقب حالة مبين المستوى LI_6 عند الانتقال من العدد الثنائى (1111) إلى العدد الثنائى (0000) لمعرفة الحالة المنطقية لمخرج الباقى Carry .

٨ - ضع المفتاح S_1 على وضع Down ليعمل العداد كعداد تنازلى ولا تغير وضع المفاتيح S_5 : S_1 ثم اضغط على الضاغط PB_2 فينتقل العدد الثنائى (1110) والذى يكافئ 14 عشرياً إلى مخارج العداد .

٩ - كرر الخطوة ٦ مع وضع المفتاح S_6 على وضع Borrow (الاقتراض) .

١٠ - راقب حالة مبين المستوى L_6 عند الانتقال من العدد الثنائى (0000) إلى العدد الثنائى (1111) لمعرفة الحالة المنطقية لمخرج الاقتراض Borrow .

الخلاصة :

١ - يمكن تحرير مخارج العداد 74193 وذلك بوصول إشارة عالية لمدخل التحرير CLR .

٢ - يمكن تحميل العداد 74193 بأى عدد ثنائى يقع فى المدى (0000) : (1111) وذلك بإدخال هذا العدد من مداخل البيانات (A : D) فينتقل هذا العدد لمخارج العداد عند وصول إشارة منخفضة لمدخل التحميل LD .

٣ – يعمل العداد 74193 كعداد تصاعدى عند إدخال النبضات على مدخل العد التصاعدى Count UP فى حين يعمل كعداد تنازلى عند دخول النبضات على مدخل العد التنازلى Count down علماً بأن العداد 74193 يعمل عند الحافة الهابطة للنبضات (انتقال من مرتفع لمنخفض) .

٤ – تكون حالة مخرج الباقى Carry عالية فى الوضع الطبيعى وعندما يعمل العداد 74193 تصاعديا وعند الانتقال من العدد $(1111)_2$ إلى العدد $(0000)_2$ تصبح حالة مخرج الباقى منخفضة .

٥ – تكون حالة مخرج الاقتراض Borrow عالية فى الوضع الطبيعى وعندما يعمل العداد 74193 تنازلياً وعند الانتقال من العدد $(0000)_2$ إلى العدد $(1111)_2$ تصبح حالة مخرج الاقتراض منخفضة .

٢ / ٤ – مسجلات الإزاحة Shift Registers

يقوم مسجل الإزاحة بتخزين رقم ثنائى ثم إزاحته يميناً أو يساراً عندما يقتضى الأمر ذلك . ويتكون مسجل الإزاحة من عدة قلابات، حيث يخصص قلاب لكل خانة (Bit) من الرقم الثنائى . ويمكن إدخال الرقم الثنائى للمسجل أو إخراجه منه بشكل متتال أى خانة بعد خانة أو بشكل متواز أى كل الخانات معاً .

وتوجد عدة أنواع من مسجلات الإزاحة مثل :

١ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوالى SISO .

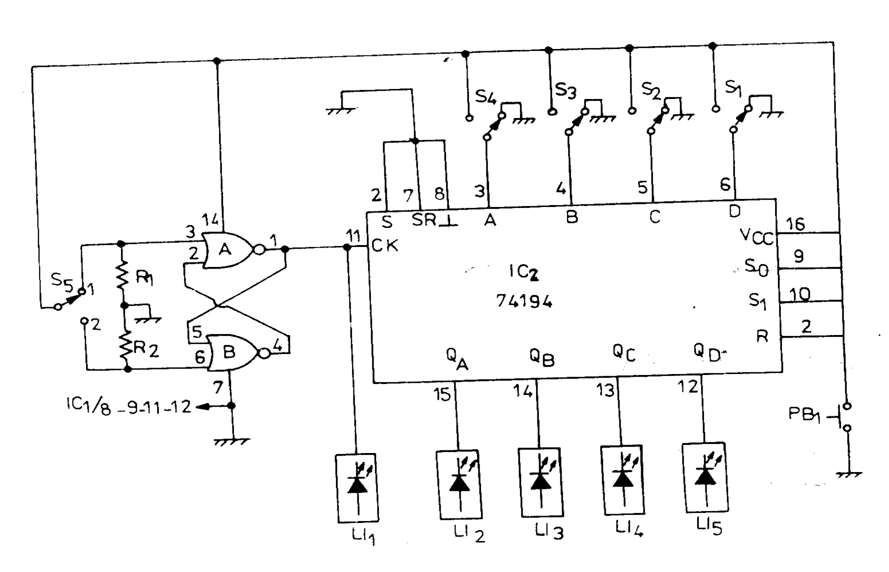
٢– مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوازى والخرج المتوالى SIPO .

٣ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوازى والخرج المتوالى PISO .

٤ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوازى PIPO .

تجربة رقم (١٧) دراسة عمل مسجلات الإزاحة المبرمجة

الشكل (٢ – ٣٢) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة تحميل وتحرير مسجل الإزاحة القابل للبرمجة طراز 74194.



الشكل (٢ – ٣٢)

عناصر الدائرة:

مقاومتان 330Ω	R1, R2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز 7402	IC1
دائرة متكاملة تحتوى على مسجل إزاحة مبرمج طراز 74194	IC2
ضاغط بريشة مفتوحة	PB1
مفاتيح قطب واحد سكتين	S1 : S5

$LI_1 : LI_5$ مبينات مستوى منطقى

لوحة تجارب

مصدر قدرة +5V

قاعدة IC بأربع عشرة رجلاً .

قاعدة IC بست عشرة رجلاً .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٢) .

٢ – ضع مفاتيح إدخال البيانات $S_1 : S_4$ على وضع +5V **وأدخل نبضة عالية عند** مدخل النبضات CK، وذلك بنقل المفتاح S_1 من الوضع (1) إلى الوضع (2) ثم إعادته للوضع (1) .

فتلاحظ انتقال الكلمة (1111) المدخلة من مداخل البيانات (A : D) إلى مخارج مسجل الإزاحة $(Q_A : Q_D)$.

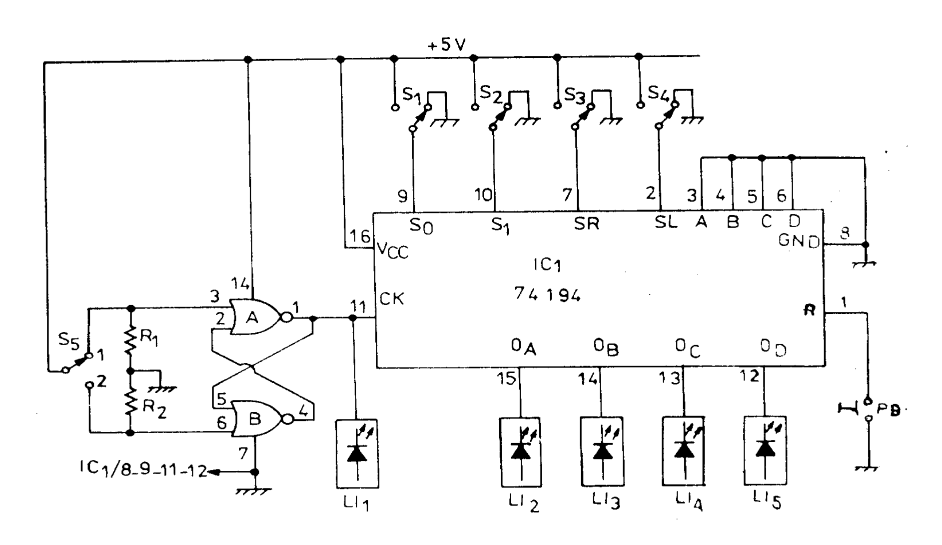
٣ – أعد مفاتيح إدخال البيانات $(S_1 : S_4)$ للوضع المبين بالشكل (٢ – ٣٢)، ثم اضغط على الضاغط PB_2 للحظة **فتصبح حالة جميع مخارج المسجل منخفضة .**

الخلاصة :

١ – يمكن تحميل المسجل المبرمج 74194 **بكلمة رقمية مدخلة من مداخل البيانات** (A : D) عند وصول نبضة عالية على مدخل النبضات CK **بشرط أن يكون** مدخل التحرير (R) **غير فعال (عند حالة منطقية عالية) .**

٢ – يمكن تحرير المسجل أى إعادة حالة **جميع المخارج للحالة المنطقية المنخفضة،** وذلك بجعل مدخل التحرير فعال **(حالته منخفضة) .**

والشكل (٢ - ٣٣) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة كيفية الإزاحة جهة اليمين وجهة اليسار لمسجل الإزاحة المبرمج 74194 .



الشكل (٢ - ٣٣)

عناصر الدائرة: لا تختلف عن عناصر الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٣٢) .

خطوات التجربة:

١ - نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٣٣) .

٢ - اضغط على الضاغط PB1 فتتحرر مخارج مسجل الإزاحة (QA : QD) وتصبح ذات حالة منطقية منخفضة .

٣ - ضع المفاتيح S1,S3 على وضع +5V، ثم أدخل نبضات على مدخل النبضات CK وذلك بتحريك المفتاح S5 حركة ترددية بين الوضعين 1, 2 .

ستلاحظ أنه بعد النبضة الأولى تصبح حالة المخارج (QA - QD) كالآتى (1000)،

وبعد النبضة الثانية تصبح (1100)، وبعد النبضة الثالثة تصبح (1110)، وبعد النبضة الرابعة تصبح (1111).

٤ – أعد المفتاح S_3 لوضع الأرضى، ثم أدخل نبضات على مدخل النبضات CK ستلاحظ أنه بعد النبضة الأولى تصبح حالة المخارج (0111)، وبعد النبضة الثانية تصبح (0011)، وبعد النبضة الثالثة تصبح (0001)، وبعد النبضة الرابعة تصبح (0000).

٥ – أعد المفتاح S_1 لوضع الأرضى، ثم ضع المفاتيح S_2, S_4 على وضع +5V ثم أدخل نبضات على مدخل النبضات CK، وذلك بتحريك المفتاح S_5 حركة ترددية بين الوضعين 1, 2 ستلاحظ أنه بعد النبضة الأولى تصبح حالة المخارج (Q_A - Q_D) كالآتى (0001)، وبعد النبضة الثانية تصبح (0011)، وبعد النبضة الثالثة تصبح (0111)، وبعد النبضة الرابعة تصبح (1111).

٦– أعد المفتاح S_4 على وضع الأرضى، ثم أدخل نبضات على مدخل النبضات ستلاحظ أن حالة مخارج المسجل ستصبح كالآتى (1110)، ثم (1100)، ثم (1000)، ثم (0000).

٧ – ضع المفتاحين S_1, S_2 على وضع الأرضى ستجد أن حالة المخارج لم تتغير.

الخلاصة:

١ – يمكن إدخال البيانات المدخلة من مدخل التوالى جهة اليمين SR، وذلك عندما تكون حالة مدخل الوظيفة S_0 عالياً. ويحدث إزاحة لمحتويات خرج المسجل جهة اليمين وذلك عند الحافة الصاعدة للنبضات الداخلة على مدخل النبضات CK.

٢ – يمكن إدخال البيانات المدخلة من مدخل التوالى جهة اليسار SL، وذلك عندما تكون حالة مدخل الوظيفة S_1 عالياً، ويحدث إزاحة لمحتويات خرج المسجل جهة اليسار وذلك عند الحافة الصاعدة للنبضات الداخلة على مدخل النبضات CK.

٣ – لا تتغير حالة مخارج مسجل الإزاحة عندما تكون حالة مدخلى الوظيفة S_0, S_1 منخفضة.

٢ / ٥ – المشفرات Encoders

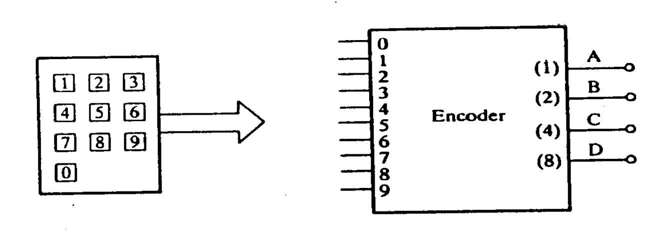
تقوم المشفرات بتحويل الإشارات القادمة من لوحة المفاتيح Keyboard إلى إشارات ثنائية، **وهناك ثلاثة أنواع من المشفرات وهى :**

١ – مشفرات ثمانية.

٢ – مشفرات عشرية.

٣ – مشفرات سداسية عشر.

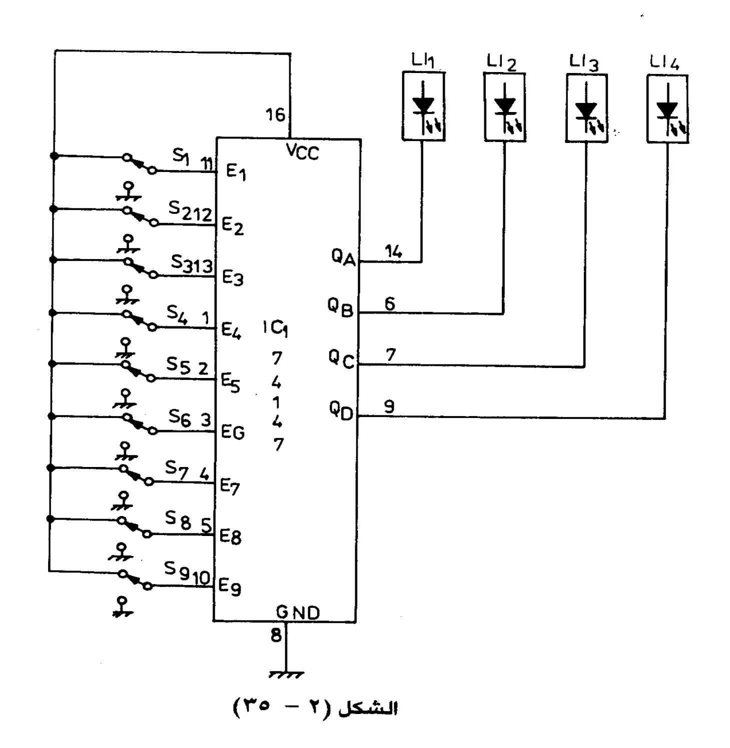
والشكل (٢ – ٣٤) يوضح فكرة عمل مشفر عشرى ويلاحظ أن له عشرة مداخل وأربعة مخارج ثنائية.



الشكل (٢ – ٣٤)

تجربة رقم (١٨) دراسة عمل المشفرات

الشكل (٢ – ٣٥) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل المشفر العشرى طراز 74147.



الشكل (٢ – ٣٥)

عناصر الدا ئرة :

دائرة متكاملة لمشفر عشرى طراز 74147 — IC1

مفاتيح قطب واحد سكتين — S1 : S9

مبينات مستوى منطقى — LI1 : LI4

لوحة تجارب

مصدر قدرة +5V

قاعدة دائرة متكاملة بست عشرة رجلاً .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٥) .

٢ – ضع المفتاح S_1 على وضع الأرضى ولاحظ حالة المخارج ($Q_A : Q_D$).

٣ – ضع المفتاح S_1 على وضع الأرضى ليصبح حالة المدخل العشرى E_1 منخفضة, ثم لاحظ حالة مخارج المشفر الأربعة ($Q_A : Q_D$).

٤ – كرر الخطوة (٢) وأيضاً كرر الخطوة (٣) ولكن على باقى المفاتيح وراقب حالة مخارج المشفر الأربعة ($Q_A : Q_D$).

٥ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات(٢ : ٤) تتفق مع محتويات جدول الحقيقة للمشفر 74147 التالى.

جدول الحقيقة

المداخل									المخارج			
E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
X	X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	0	1	0
X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	0	0	1
X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	0	0	0
X	X	X	X	X	X	X	0	1	0	1	1	1
X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1	1	0

حيث إن :

حالة منطقية عالية أو منخفضة X

الخلاصة :

١ – مداخل الدائرة المتكاملة 74147 معكوسة بمعنى أنه لإدخال العدد 1 عشرى فإن هذا يعنى أن حالة المدخل E_1 يجب أن تكون منخفضة.

٢ – مخارج الدائرة المتكاملة 74147 معكوسة، فمثلا عندما يكون الخرج الثنائى يكافئ صفراً (0000) يكون الخرج الفعلى هو (1111).

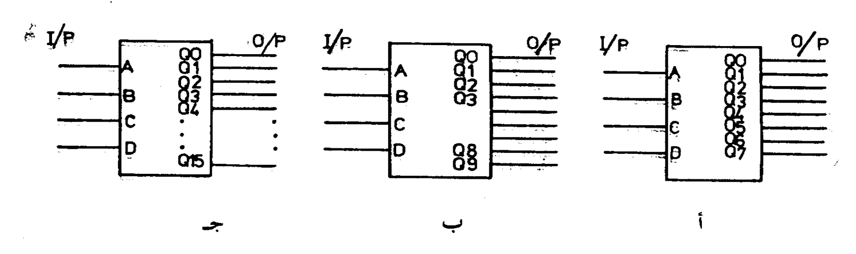
٣ – عندما يكون هناك أكثر من مدخل فعال (له حالة منطقية منخفضة) فإن الأفضلية تكون لأكبرهم قيمة فمثلاً عندما تكون حالة المداخل E2, E5, E7 منخفضة فإن الأفضلية تكون للمدخل السابع E7، ويكون خرج المشفر المكافئ معكوس العدد العشرى 7 .

٤ – عند الرغبة فى إضافة مفتاح صفر فإنه لايوصل مع الدائرة المتكاملة 74147 ولكنه يكون فى لوحة التوصيل بدون توصيل .

٢ / ٦ – مفسرات الشفرة Decoders

تنقسم مفسرات الشفرة إلى نوعين وهما :

١ – موزعات Demultiplexers وتقوم بتحويل بيانات الدخل الثنائية لخرج ثمان أو عشرى أو سداسى عشر كما هو مبين بالشكل (٢ – ٣٦) .



الشكل (٢ – ٣٦)

فالشكل (أ) لموزع في خط من ثمانية .

والشكل (ب) لموزع فى خط من عشرة .

والشكل (جـ) لموزع فى خط من ستة عشر خطاً .

فإذا كانت حالة المداخل A - D لموزع في خط من ثمانية هى :

$A = 1$ $B = 0$ $C = 1$

والتى تكافئ العدد العشرى :

$$Z = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 = 5$$

فإن حالة المخرج Q_5 تصبح مساوية 1 .

٢ – مشغلات وحدات العرض الرقمية Display Decoders Drivers وهى تقوم بتحويل العدد العشرى المكود ثنائياً BCD لشفرة تشغيل وحدات العرض الرقمية 7-Segment Display والمزودة بسبع شرائح.

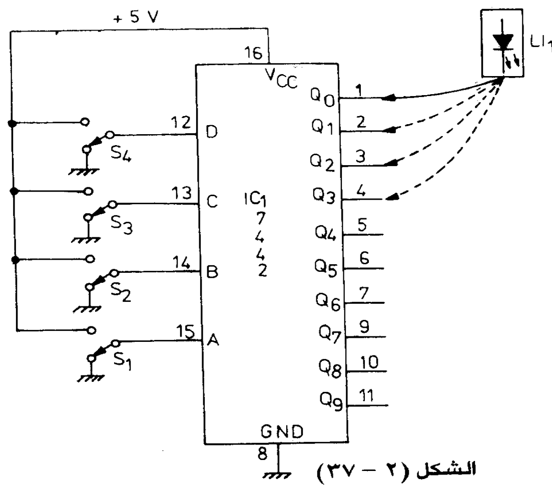
وهناك نوعان من وحدات العرض الرقمية وهما:

أ – مشغلات وحدات العرض الرقمية بمهبط مشترك Common Cathode.

ب – مشغلات وحدات العرض الرقمية بمصعد مشترك.

تجربة رقم (١٩) دراسة عمل موزع فى خط من عشرة

يطلق على موزعات خط من عشرة أحياناً بمغيرات الشفرة BCD إلى شفرة عشرية. والشكل (٢ – ٣٧) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل موزع فى خط من عشرة.



الشكل (٢ – ٣٧)

عناصر الدائرة:

دائرة متكاملة طراز 7442	IC1	لوحة تجارب
مفاتيح قطب واحد سكتين	S1 : S4	مصدر قدرة +5V
مبين مستوى منطقى	LI1	قاعدة IC بست عشرة رجلاً.

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٧) .

٢ – حافظ على وضع المفاتيح $S_1 : S_4$ كما هو مبين بالشكل (٢ – ٣٧)، ثم بواسطة مبين المستوى LI_1 اختبر حالة المخارج العشرة للموزع $(Q_0 : Q_9)$ فإذا أضاء مبين المستوى LI_1 يعنى أن الحالة عالية والعكس بالعكس.

٣ – أدخل أى رقم ثنائى على المداخل $(A : D)$ بواسطة المفاتيح $(S_1 : S_4)$ وليكن $(0101)_2$ والذى يكافئ 5 عشرياً أى أن :

$$A = 1 \quad B = 0 \quad C = 1 \quad D = 0$$

وذلك بوضع S_1, S_3 على وضع +5V

٤ – اختبر حالة المخارج العشرة $(Q_0 : Q_9)$ بواسطة مبين المستوى المنطقى LI_1 .

٥ – كرر الخطوات (٣ ، ٤) لإعداد ثنائية مختلفة تتراوح ما بين (1111 : 0000) .

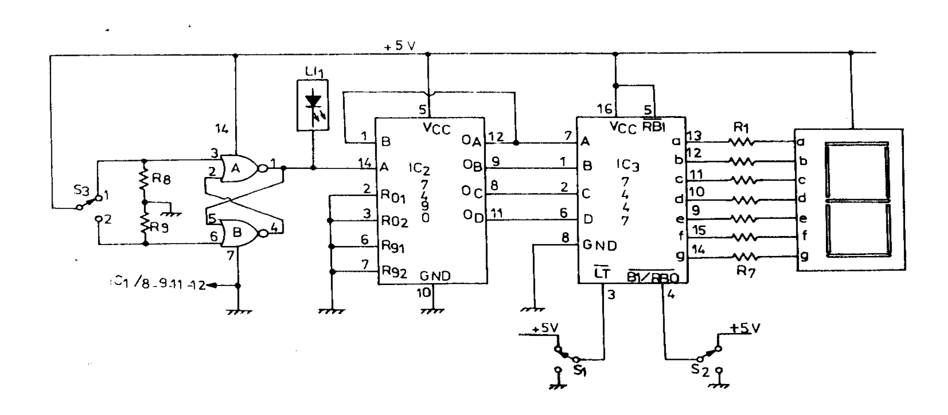
٦ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات (٢ : ٥) تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى :

جدول الحقيقة

المداخل				المخارج									
D	C	B	A	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

تجربة رقم (٢٠) دراسة عمل مشغلات وحدات العرض الرقمية

الشكل (٢ – ٣٨) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل مشغلات وحدات العرض الرقمية .



الشكل (٢ – ٣٨)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 330Ω	R1 : R7
مقاومات كربونية 330Ω	R8, R9
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR	IC1
دائرة متكاملة لعداد عشرى طراز 7490	IC2

دائرة متكاملة لمشغل وحدة عرض رقمية طراز 7447 IC_3

وحدة عرض رقمية بسبع شرائح بمصعد مشترك .

مفاتيح قطب واحد سكتين S_1, S_2, S_3

مبين مستوى منطقى LI_1

لوحة تجارب

مصدر قدرة 5V+

قاعدتا دوائر متكاملة بأربع عشرة رجلاً .

قاعدة دائرة متكاملة بست عشرة رجلاً .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣٨) .

٢ – ضع المفتاح S_1 على وضع الأرضى للمحافظة على حالة المدخل المعكوس $\overline{LT}$ لاختبار اللمبات فتضىء الشرائح السبعة فى وحدة العرض الرقمية ويظهر الرقم 8 .

٣ – ضع المفتاح S1 على وضع 5V+ للمحافظة على حالة $\overline{LT}$ عالية، وضع المفتاح S_2 على وضع الأرضى للمحافظة على حالة مدخل الإطفاء / مخرج الإطفاء المتموج $\overline{BI/RBO}$ منخفضة فتنطفئ جميع شرائح وحدة العرض الرقمية .

٤ – ضع المفتاح S_1 والمفتاح S_2 على وضع 5V+ للمحافظة على حالة $\overline{LT}$, $\overline{BI/RBO}$ عالية سيظهر العدد 0 على وحدة العرض الرقمية.

٥ – أدخل نبضات على مدخل نبضات العداد (A) وذلك بتحريك S_3 حركة ترددية بين الوضعين 2 ,1، ولاحظ التغير الذى يحدث فى وحدة العرض الرقمية ستلاحظ أنه كلما أضاء مبين المستوى LI_1 مرة ازداد العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية واحد فيبدأ العد من 0 إلى 9 ثم تتكرر دورة العد مرة أخرى.

الخلاصة :

١ – يمكن إضاءة وحدة العرض الرقمية بالمحافظة على حالة $\overline{LT}$ منخفضة.

٢ – يمكن إطفاء وحدة العرض الرقمية بالمحافظة على حالة $\overline{BI/RBO}$ منخفضة.

٣ – يقوم مشغل وحدة العرض الرقمية بتحويل الرقم العشرى المكود ثنائيًا على المداخل A - D إلى شفرة وحدة العرض الرقمية على المخارج a - f بشرط المحافظة على حالة كل من $\overline{LT}$, $\overline{BI/RBO}$ عند الحالة العالية.

٢ / ٧ – المجمعات Multiplexers

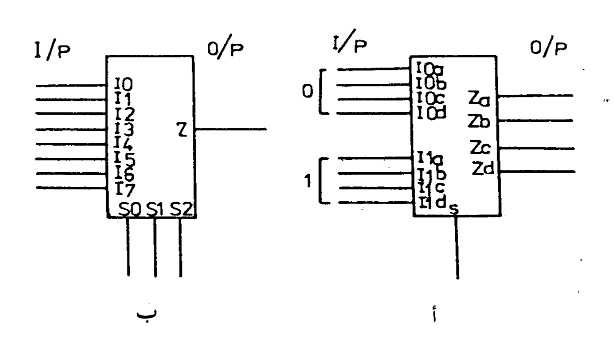
يحتوى المجمع MUX على عدة قنوات للدخل وقناة واحدة للخرج ومداخل للعنوان، وتحتوى كل قناة على خط واحد أو مجموعة من الخطوط، ولكل قناة دخل عنوان محدد، بحيث يقوم MUX بنقل بيانات قناة الدخل التى عنوانها يطابق العنوان المدخل من مداخل العنوان إلى قناة الخرج.

والشكل (٢ – ٣٩) يعرض نوعين مختلفين من MUX . فالشكل (أ) يعرض مجمع MUX بقناتين دخل الأولية ($I0_a$ - $I0_d$) والثانية ($I1_a$ - $I1_d$) وقناة خرج (Za - Zd)، ومدخل عنوان S. فعندما تكون حالة العنوان 0 تنتقل حالة قناة الدخل ة ($I0_a$ - $I0_d$) إلى قناة الخرج وعندما تكون حالة مدخل العنوان 1 تنتقل حالة قناة الدخل ة ($I1_a$ - $I1_d$) إلى قناة الخرج.

والشكل (ب) يعرض مجمع MUX بثمانى خطوط دخل (I_0-I_7) وخط خرج واحد Z وله ثلاثة مداخل عنوان (S_0 - S_2) حيث تنتقل حالة المدخل الذى رقمه يكافئ المكافئ العشرى للعنوان المدخل من مداخل العنوان (S_0 - S_2) إلى الخرج. فمثلاً إذا كان $S_0 = 0, S_1 = 1, S_2 = 1$ فإن المكافئ العشرى لهذا العنوان هو

$$Z = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 2 \times 2^2 = 6$$

وبالتالى تنتقل حالة المدخل I5 إلى المخرج Z وهكذا.



الشكل (٢-٣٩)

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة للمجمعات إلى:

١ - دوائر متكاملة لمجمعات من 8 خطوط لخط واحد مثل: (74152, 74151).

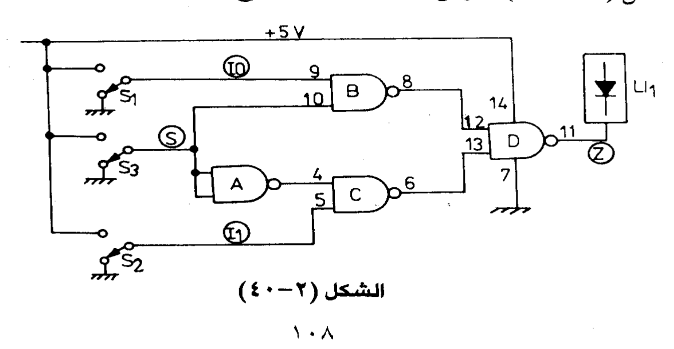
٢ - دوائر متكاملة لمجمعات من 16 خطاً لخط واحد مثل: (74150, 74250).

٣ - دوائر متكاملة لمجمعات من 2 قناة لقناة واحدة مثل: (74158, 74258).

٤ - دوائر متكاملة لمجمعات من 4 قنوات لقناة واحدة مثل (74153).

تجربة رقم (٢١) بناء مجمع بمدخلين

الشكل (٢ - ٤٠) يعرض الدائرة المكافئة لمجمع بمدخلين.



الشكل (٢-٤٠)

عناصر الدائرة :

دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NAND طراز 7400	IC_1
مفاتيح قطب واحد سكتين	$S_1 : S_3$
مبين مستوى منطقى	LI_1
لوحة تجارب	
مصدر قدرة 5V+	
قاعدة IC بأربع عشرة رجلاً	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٤٠) .

٢ – حافظ على حالة مدخل العنوان S عند حالة منخفضة وذلك بوضع S_3 على وضع الأرضى .

٣ – راقب حالة المخرج Z وذلك بمراقبة LI_1 ستجد أن حالته منخفضة، ثم ضع المفتاح S_1 على وضع 5V+، ثم راقب حالة المخرج Z ستجد أن حالته مرتفعة .

٤ – حافظ على حالة مدخل العنوان S عند حالة مرتفعة وذلك بوضع المفتاح S_3 على وضع 5V+ .

٥ – راقب حالة المخرج Z ستجد أن حالته أصبحت منخفضة، ثم ضع المفتاح S_2 على وضع 5V+، ثم راقب حالة المخرج Z ستجد أن حالته أصبحت عالية .

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل العنوان S منخفضة فإن حالة المدخل I_0 تنتقل إلى المخرج Z .

٢ – عندما تكون حالة مدخل العنوان S مرتفعة فإن حالة المدخل I_1 تنتقل إلى المخرج Z .

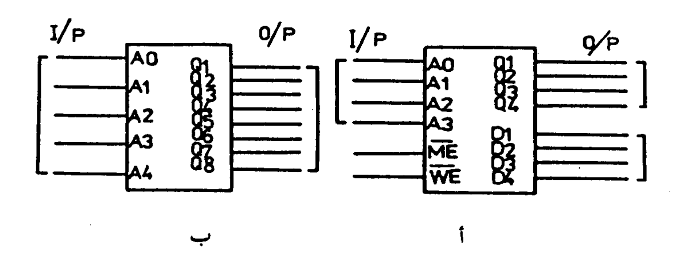
٢ / ٨ – الذاكرات Memories

تقوم الذاكرات بتخزين المعلومات التى يحتاجها أى جهاز الكترونى بشفرة ثنائية، وتنقسم الذاكرات الابتدائية المصنوعة من أشباه الموصلات إلى :

١ – ذاكرات قراءة وكتابة Read/ Write وهذه الذاكرات تفقد ذاكراتها عند انقطاع التيار الكهربى عنها مثل : (RAM) .

٢ – ذاكرات القراءة فقط Read only وهذه الذاكرات تتميز بأنها لا تفقد محتوياتها عند انقطاع التيار الكهربى مثل : EEPROM, ROM, PROM, EPROM .

والشكل (٢ – ٤١) يعرض نموذجًا لذاكرة تخزين RAM, EPROM, EEPROM الشكل (أ) وذاكرة تخزين PROM الشكل (ب) .



الشكل (٢ – ٤١)

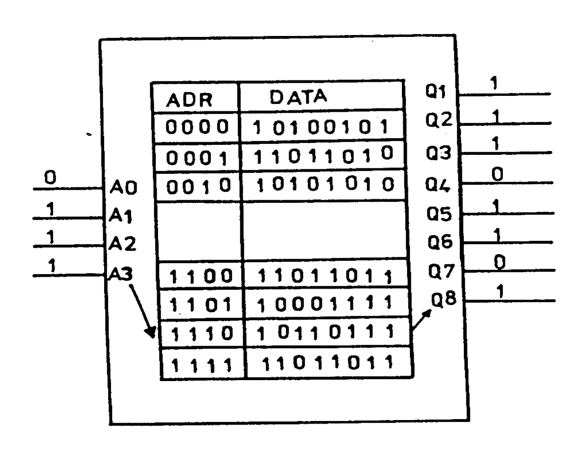
١ – نظرية عمل ذاكرات RAM,EPROM,EEPROM :

يمكن كتابة أى بيانات مدخلة من مداخل البيانات D1 - D4 عندما تكون حالة مدخل القراءة والكتابة $\overline{WE}$ ومدخل التمكين $\overline{ME}$ منخفضة .

ويمكن قراءة أى بيانات مخزنة فى الذاكرة من المخارج Q1 - Q4 عندما تكون حالة مدخل التمكين $\overline{ME}$ منخفضة وحالة مدخل القراءة والكتابة $\overline{WE}$ عالية .

٢- نظرية عمل ذاكرة PROM:

الشكل (٢ - ٤٢) يوضح كيفية قراءة كلمة مخزنة فى الذاكرة PROM (أى نقل محتوياتها للخارج) وذلك بتحديد عنوانها من مداخل العنوان .



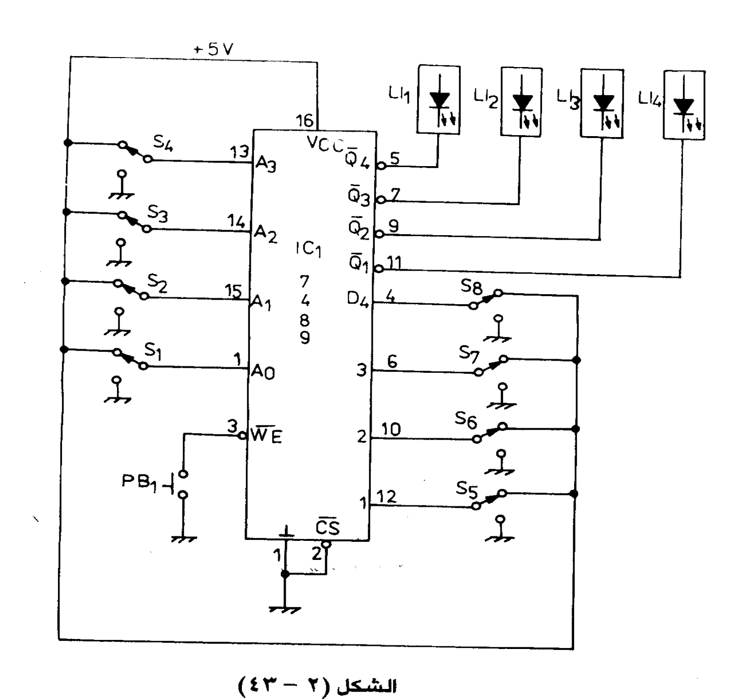
الشكل (٢ - ٤٢)

حيث إن :

مداخل العنوان	A0 - A3
العنوان	ADR
البيانات	DATA
المخارج	Q1 : Q8

تجربة رقم (٢٢) دراسة عمل الدوائر المتكاملة لذاكرات RAM

الشكل (٢ - ٤٣) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل الدائرة المتكاملة .



الشكل (٢ – ٤٣)

عناصر الدائرة:

دائرة متكاملة لذاكرة RAM سعتها 64 Bit طراز 7489	**IC_1**
مفاتيح قطب واحد سكتين	**$S_1 : S_8$**
ضاغط بريشة مفتوحة	**PB_1**
مبينات مستوى منطقي	**LI_1 - LI_4**
لوحة تجارب	
مصدر قدرة +5V	
قاعدة دائرة متكاملة بست عشرة رجلاً.	

خطوات التجربة :

١ – أدخل العنوان 1010 على مدخل العنوان A_0:A_3 وذلك بالطريقة التالية :

$S_1 = 0$ $S_2 = 1$ $S_3 = 0$ $S_4 = 1$

حيث إن : 1 تعنى +5V , 0 تعنى الأرضى .

٢ – أدخل الكلمة المطلوب تخزينها فى العنوان 1010 على مداخل البيانات D_1:D_4 ولتكون هذه الكلمة 0111 ويتم ذلك بالطريقة التالية :

$S_5 = 1$ $S_6 = 1$ $S_7 = 1$ $S_8 = 0$

حيث إن : 1 تعنى+5V، 0 تعنى الأرضى .

٣ – اضغط على الضاغط PB_1 لجعل حالة مدخل تمكين الكتابة المعكوس $\overline{WE}$ فعال فتخزن الكلمة (0111) فى الذاكرة .

٤ – حرر الضاغط PB_1 لجعل حالة مدخل الكتابة المعكوس $\overline{WE}$ غير فعال وراقب حالة المخارج المعكوسة $\overline{Q}_1$:$\overline{Q}_4$ ستجد أن حالة المخارج أصبحت كالآتى :

$\overline{Q}_1 = 0$ $\overline{Q}_2 = 0$ $\overline{Q}_3 = 0$ $\overline{Q}_4 = 1$

حيث يضىء مبين المستوى LI_4 فقط.

٥ – كرر الخطوات (٢ ، ٣ ، ٤) لإدخال الكلمات التالية :

0101, 0111, 1010, 1101, 1100

الخلاصة :

١ – يمكن تخزين أى كلمة رقمية مدخلة من مداخل البيانات D_1 : D_4 فى العنوان المحدد بواسطة مدخل العنوان A_0 : A_3 بشرط أن يكون مدخل تمكين الكتابة المعكوس $\overline{WE}$ فعالاً (حالته منخفضة)

٢ – يمكن قراءة أى كلمة رقمية مخزنة فى الذاكرة، وذلك بتحديد العنوان من مداخل العنوان A_0 : A_3 بشرط أن يكون مدخل تمكين الكتابة المعكوس $\overline{WE}$ غير فعال (حالته مرتفعة).

٣ – يمكن كتابة 16 كلمة رقمية فى الذاكرة 7489 .

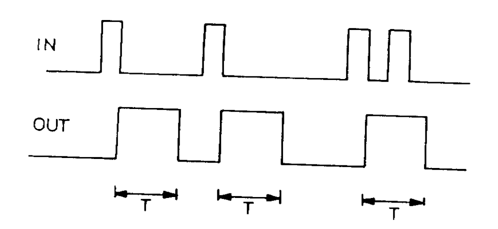
٢ / ٩ - المذبذبات الأحادية الاستقرار والتى تنتمى لعائلة TTL

يوجد نوعان من الدوائر المتكاملة للمذبذبات الأحادية الاستقرار وهما :

١ - المذبذبات غير المستقرة وغير المجددة الإشعال .

٢ - المذبذبات غير المستقرة والمجددة الإشعال .

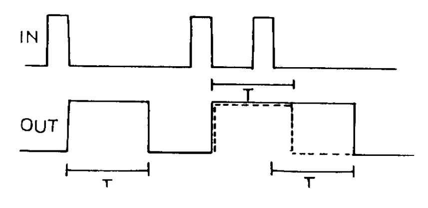
والشكل (٢ - ٤٤) يعرض مخططًا زمنيًا يوضح فكرة عمل النوع الأول .



الشكل (٢ - ٤٤)

أما الشكل (٢ - ٤٥) فيعرض مخططًا زمنيًا يوضح فكرة عمل النوع الثانى حيث إن الخرج المنقط فى حالة عدم تجديد الإشعال.

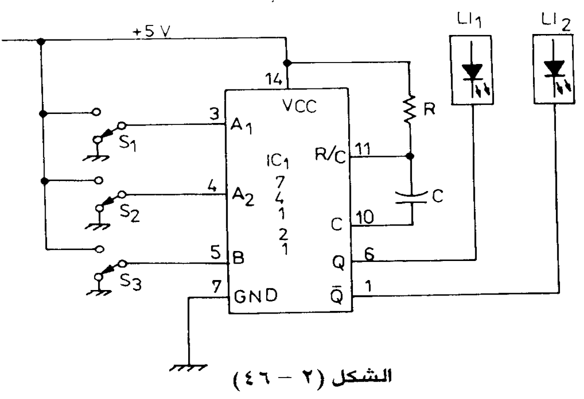
وهناك ثلاث دوائر متكاملة عائلة TTL تستخدم كمذبذبات أحادية الاستقرار وهى : 74121, 74122, 74123، حيث إن الدائرة المتكاملة 74121 غير مجددة الإشعال فى حين أن الدوائر 74122, 74123 مجددة الإشعال .



الشكل (٢ - ٤٥)

تجربة رقم (٢٣) دراسة عمل المذبذبات غير محددة الإشعال

الشكل (٢ – ٤٦) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل المذبذبات الأحادية الاستقرار غير محددة الإشعال باستخدام الدائرة المتكاملة 74121.



الشكل (٢ – ٤٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 40KΩ	R
مكثف كيميائى 100μF/16V	C
دائرة متكاملة طراز 74121	IC1
مفاتيح قطب واحد سكتين	S1 - S3
مبينات مستوى منطقى	LI1, LI2
مصدر قدرة مستمر 5V +	
لوحة تجارب	
قاعدة دائرة متكاملة بأربع عشرة رجلاً.	
ساعة إيقاف	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٤٦) .

٢ – ضع المفاتيح S_1 - S_3 على وضع +5V .

٣ – أعد المفتاح S_2 لوضع الأرضى وراقب التغير الحادث على المبينات LI_1, LI_2 وقس زمن بقاء LI_1 مضيئًا .

٤ – أعـــد الخطوة (٢) ثم ضع S_1 على وضع الأرضى وراقب التـغـيـر الحـادث على المبينات LI_2 ، LI_1 وقس زمن بقاء LI_1 مضيئًا .

٥ – أعـد الخطوة (٢) ثـم ضع S_1 , S_2 على وضع الأرضى وراقب التغير الحادث على المبينات LI_2 , LI_1 وقس زمن بقاء LI_1 مضيئًا .

٦ – ضع المفاتيح S_1 ,S_2 ,S_3 على وضع الأرضى .

٧ – أعد المفتاح S_3 على وضع +5V ثم راقب التغير الحادث على المبينات LI_2 , LI_1 وقس زمن بقاء LI_1 مضيئًا .

٨ – قـارن بين الزمن المقـاس في الخطوات (٣، ٤، ٥، ٧) مع الزمن المحـسـوب من العلاقة التالية ثم دون ملاحظاتك :

$$t = 0.693\ RC \quad (sec) \longrightarrow \quad 2.1$$

الخلاصة :

١ – يعـمـل المذبذب اللامستـقـر على إخراج نبـضـة عـاليـة على المخرج Q، ونبـضـة منخفضة على المخرج $\bar{Q}$ فى الحالات الأربعة التالية :

أ – عندما تكون حالة كل من $\bar{A}_1$,B عالية، ووصلت نبضة منخفضة للمدخل $\bar{A}_2$.

ب – عندما تكون حالة كل من$\bar{A}_2$,B عالية، ووصلت نبضة منخفضة للمدخل $\bar{A}_1$.

جـ – عندما تكون حالة $\bar{A}_1$ منخفضة ووصلت نبضة عالية للمدخل B .

د – عندما تكون حالة $\bar{A}_2$ منخفضة ووصلت نبضة عالية للمدخل B .

والجدير بالذكر أن زمن النبضة الخارجة يتراوح ما بين (30ns : 28S) علمًا بأن قيمة R تتراوح ما بين $K\Omega$ (40 : 1.5)، وقيمة C تتراوح ما بين (30PF: 1000µF) .

والجدول التالى يبين جدول الحقيقة للدائرة المتكاملة 74121 .

جدول الحقيقة

المداخل			المخارج	
$\overline{A1}$	$\overline{A2}$	B	Q	$\overline{Q}$
0	X	1	0	1
X	0	1	0	1
X	X	0	0	1
1	1	X	0	1
1	↓	1	⎍	⊔
↓	1	1	⎍	⊔
↓	↓	1	⎍	⊔
0	X	↑	⎍	⊔
X	0	↑	⎍	⊔

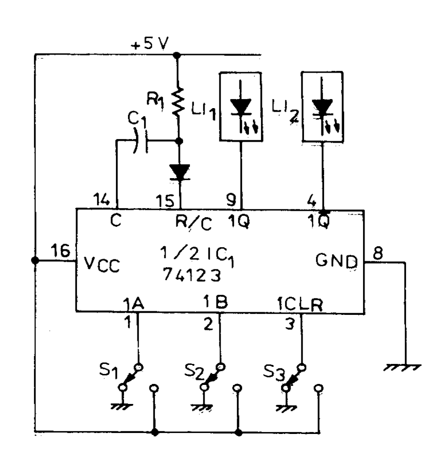
حيث إن :

حافة هابطة ↓ حافة صاعدة ↑

حالة منخفضة أو عالية X نبضة عالية ⎍ نبضة هابطة ⊔

تجربة رقم (٢٤) دراسة عمل المذبذبات الأحادية الاستقرار المجددة الإشعال

الشكل (٢ – ٤٧) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل المذبذبات الأحادية الاستقرار مجددة الإشعال باستخدام الدائرة المتكاملة (74123) .



الشكل (٢ - ٤٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 47KΩ	R_1
مكثف كيميائى 1000µF/16V	C_1
موحد طراز BY125	D_1
دائرة متكاملة تحتوى على مذبذبين طراز 74123	IC_1
مبينات مستوى منطقى	LI_1, LI_2

لوحة تجارب

مصدر قدرة

قاعدة دائرة متكاملة بست عشرة رجلاً.

ساعة إيقاف

خطوات التجربة :

١- نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٤٧) .

٢- ضع المفتاح S_3 على وضع +5V والمفتاحين S_1, S_2 على وضع الأرضى .

٣- ضع المفتاح S2 على وضع +5V وراقب حالة $\overline{1Q}$, 1Q وقس زمن بقاء حالة المخرج 1Q عالية .

٤- ضع المفاتيح S_1, S_2, S_3 على وضع +5V .

٥- أعد المفتاح S_1 على وضع الأرضى وراقب حالة المخارج $1Q, \overline{1Q}$ وقس زمن بقاء حالة المخارج $1Q, \overline{1Q}$ عالية .

٦- ضع المفتاح S_2 على وضع +5V والمفاتيح S_1, S_3 على وضع الأرضى .

٧- أعد المفتاح S_3 على وضع +5V وراقب حالة المخارج $1Q, \overline{1Q}$ وقس زمن بقاء حالة المخرج 1Q عالية .

٨- قارن الزمن المقاس فى الخطوات (٣، ٥، ٧) مع الزمن المحسوب من العلاقة التالية ثم دون ملاحظاتك :

$$t = 0.28\ RC\ (1 + \frac{0.7}{R}) \longrightarrow 2.2$$

٩- كرر الخطوة (٤) ثم كرر الخطوة (٥) وقبل أن ينتهى زمن النبضة كرر الخطوة (٤) ثم الخطوة (٥) من جديد ولاحظ التغير الحادث عما سبق .

الخلاصة :

١ - يعمل مذبذبى 74123 على إخراج نبضة عالية على المخرج Q، ونبضة منخفضة على المخرج $\overline{Q}$ فى الحالات التالية :

أ - عندما تكون حالة كل من A منخفضة، وحالة CLR عالية ووصلت نبضة عالية للمدخل B .

ب - عندما تكون حالة A منخفضة وحالة B عالية ووصلت نبضة موجبة للمدخل CLR .

٢ – فى حالة وصول نبضتى إشعال متتاليتين فإن الزمن الكلى للنبضة يزداد ويصبح مساويًا .

$$t = t_1 + t_2 \longrightarrow 2.3$$

حيث إن :

الزمن المار بين نبضتى الإشعال t_1

زمن النبضة المحسوب من العلاقة 2.2 t_2

والجدول التالى يعرض جدول الحقيقة للمذبذب اللامستقر طراز 74123 .

جدول الحقيقة

المداخل			المخارج	
CLR	**A**	**B**	**Q**	**$\overline{Q}$**
0	X	X	0	1
X	1	X	0	1
X	X	0	0	1
1	0	↑	⊓	⊔
1	↓	1	⊓	⊔
↑	0	1	⊓	⊔

حيث إن :

حافة هابطة ↓ حافة صاعدة ↑

حالة منخفضة أو عالية X نبضة عالية ⊓ نبضة منخفضة ⊔

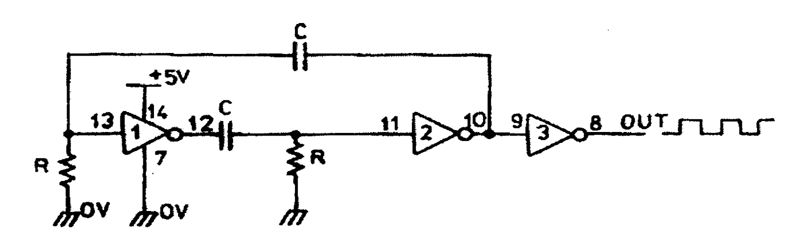
الباب الثالث

مشاريع عملية باستخدام الدوائر الرقمية TTL



٣ / ١ – حاقن النبضات Pulse Injector

الشكل (٣ – ١) يعرض دائرة مذبذب لامستقر يستخدم ثلاثة عواكس طراز 7404 .



الشكل (٣ – ١)

ويكون تردد هذا المذبذب مساويًا :

$$F = \frac{1}{2RC} \rightarrow 3.1$$

فإذا كانت C=4µF و R= 220Ω فإن :

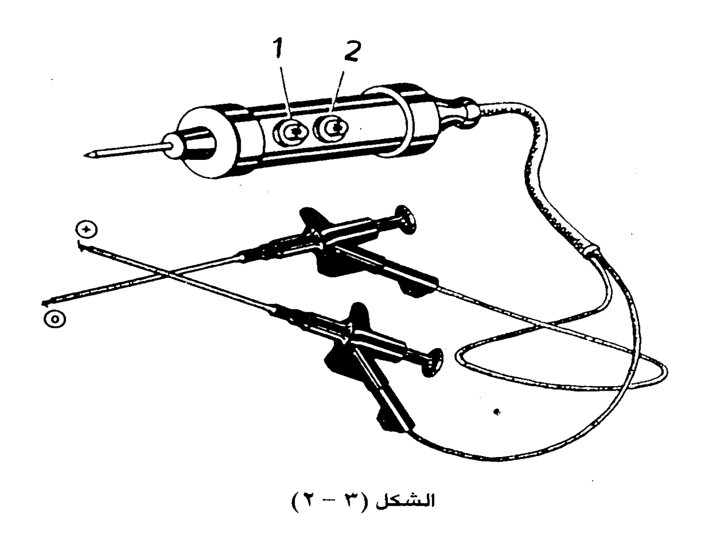
$$F = 570\ HZ$$

وتتراوح المقاومة R ما بين 1000Ω : 200، وتيار خرج هذا المذبذب اللامستقر يكافئ تيار خرج العاكس 7404 أى 16mA عند الحالة المنخفضة للخرج، فى حين يساوى **0.4mA** عند الحالة العالية للخرج.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذه الدائرة كحاقن نبضات pulse Injector يستخدم فى اختبار الدوائر الرقمية حيث يوصل الطرف +5V، وأرضى الدائرة 0V بالدائرة المختبرة ويلامس طرف Out النقطة المطلوب حقنها بالنبضات.

٣ / ٢ - مجس منطقى بست حالات تشغيل

الشكل (٣ - ٢) يعرض نموذجًا لمجس منطقى Logic Probe وهو يستخدم فى تحديد المستوى المنطقى لأى نقطة فى الدائرة الرقمية (منخفضة - عالية - نبضات) ويلاحظ أنه يحتوى على موحدين باعثين للضوء الأول أحمر Red، والآخر أخضر Green، ويزود المجس بماسكين يثبتا مع موجب وسالب الدائرة المختبرة.



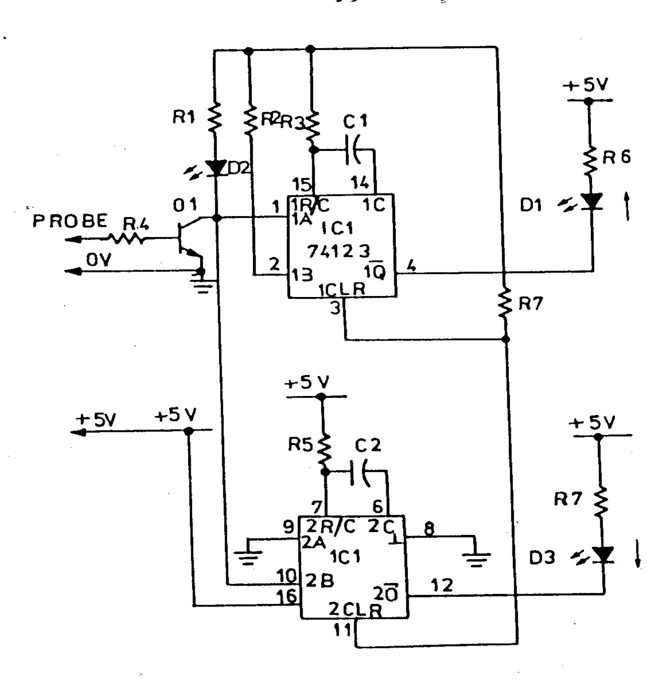
الشكل (٣ - ٢)

والشكل (٣ - ٣) يعرض دائرة مجس منطقى يستخدم عند الحاجة للتحديد الدقيق للحالة المنطقية.

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 120Ω	R_1, R_6, R_7
مقاومة كربونية 1.8KΩ	R_2
مقاومات كربونية 27KΩ	R_3, R_5
مقاومة كربونية 10KΩ	R_4

مكثفات كيميائية 6μF / 25V	C_1, C_2
موحدات مشعة 20mA	D_1, D_2, D_3
ترانزستور NPN طراز 2N3904	Q_1
دائرة متكاملة لمذبذب مجدد الإشعال طراز 74123	IC_1



الشكل (٣ – ٣)

حالات التشغيل المختلفة للمجس المنطقى :

١ – عندما تكون الحالة المنطقية منخفضة يكون كل من D_1, D_2, D_3 فى حالة إعتام .

٢ – عندما تكون الحالة المنطقية مرتفعة يضىء D_2 .

٣ – عند الحافة الصاعدة (انتقال من منخفض لعالى) يضىء D_2، وتومض D_1 ومضة واحدة سريعة .

٤ – عند الحافة الهابطة (انتقال من عالى لمنخفض) تومض D3 ومضة واحدة سريعة ويضيء D2 ثم بعد ذلك ينطفئ .

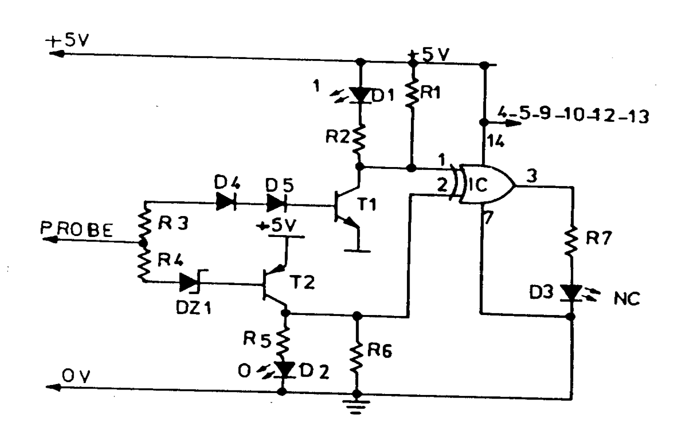
٥ – عند وصول نبضات متتالية لها زمن فصل ووصل أكبر من 0.5S تومض كل من D1, D2, D3 بصفة مستمرة .

٦ – عند وصول نبضة عالية قصيرة جداً (لها زمن صغير جداً أقل من 0.5S) تومض كل من D1, D3 ومضة واحدة سريعة .

٣ / ٣ – مجس منطقى بثلاث حالات للتشغيل

الشكل (٣ – ٤) يعرض دائرة مجس منطقى لثلاثة مستويات منطقية وهى كما يلى :

الحالة المنخفضة (0) – الحالة العالية (1) – حالة غير محددة محصورة بين الحالة المنخفضة والحالة العالية .



الشكل (٣ – ٤)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 10KΩ	R_1
مقاومات كربونية 330Ω	R_2, R_5
مقاومات كربونية 10KΩ	R_3, R_4
مقاومة كربونية 1KΩ	R_6
مقاومة كربونية 82Ω	R_7
موحدات مشعة قياسية (10mA)	D_1, D_2, D_3
موحدات طراز 1N4148	D_4, D_5
موحد زينر 3.3V	DZ_1
ترانزستور NPN طراز BC 107	T_1
ترانزستور PNP طراز BC 157	T_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات XOR طراز 7486	IC

نظرية التشغيل :

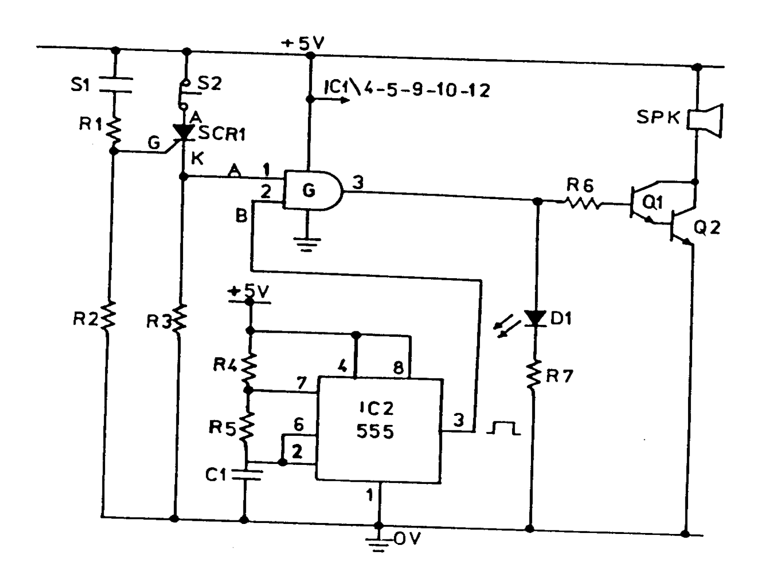
عند ملامسة طرف المجس المنطقى Probe لنقطة لها حالة عالية فإن الترانزستور T_1 سيتحول لحالة الوصل ON فيتصل مهبط D_1 بالأرضى عبر T_1 ويضىء فى حين يصبح خرج بوابة XOR منخفضاً لأن حالة مدخليها منخفضة. وعند ملامسة طرف المجس المنطقى Probe لنقطة لها حالة منطقية منخفضة فإن الترانزستور T_2 سيتحول لحالة الوصل ON، وبالتالى يتصل مصعد الموحد المشع D_2 بجهد موجب +5V فيضىء فى حين أن خرج بوابة XOR يكون منخفضاً لأن حالة مدخليها مرتفعة.

وعند ملامسة طرف المجس المنطقى لنقطة لها حالة منطقية غير محددة (لا هى منخفضة ولا هى عالية) أى أصغر من 2V وأكبر من 0.8V فإن T_1, T_2 سيكونا فى حالة قطع، وبالتالى يصبح خرج بوابة XOR عالياً لأن حالة المدخل (1) عالية وحالة المدخل (2) منخفضة ويضىء D_3.

والجدير بالذكر أن D3 يضيء أيضًا عندما يترك طرف الجس المنطقى حراً بدون توصيل، وأيضًا عند توصيله بالمداخل العائمة للدوائر المتكاملة وغير الموصلة بجهد +5V أو بالأرضى GND .

٣ / ٤ - دائرة الإنذار الصوتى والضوئى

الشكل (٣ - ٥) يعرض دائرة إنذار صوتى وضوئى تعمل عند ارتفاع منسوب الماء فى خزان .



الشكل (٣ - ٥)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية $1K\Omega$	R_1, R_2, R_6
مقاومة كربونية 330Ω	R_3
مقاومة كربونية $4.7K\Omega$	R_4
مقاومة كربونية $100K\Omega$	R_5
مقاومة كربونية 220Ω	R_7
موحد باعث للضوء (5mA)	D_1
ترانزستورات NPN طراز 2N3904	Q_1, Q_2
دائرة متكاملة طراز 7408	IC_1
دائرة متكاملة لمؤقت NE555	IC_2
مفتاح عوامة بريشة مفتوحة	S_1
مكثف سيراميك $0.01\mu F$	C_1
ثايرستور طراز G106B1	SCR_1
ضاغط بريشة مغلقة NC	S_2
سماعة مقاومتها 8Ω	SPK

نظرية التشغيل:

عند ارتفاع منسوب الماء فى الخزان وصولا لمستوى مفتاح العوامة S_1 تغلق ريشة مفتاح العوامة S_1، فيصبح جهد البوابة G للثايرستور SCR_1 موجبة، بالنسبة لجهد المهبط K فيحدث إشعال للثايرستور، ويمر التيار من المصعد A للمهبط K، ويصبح

جهد المهبط مساويًا +5V، وبالتالى تصبح حالة الرجل 1 للبوابة G عالية، فتخرج نبضات الساعة القادمة من المؤقت 555 والذى يعمل كمذبذب لامستقر عبر البوابة G، فيضيء الموحد الباعث D_1 بضوء متقطع، بينما يتحول ترانزستور دارلنجتون المؤلف من (Q_1, Q_2) لحالة الوصل والفصل بنفس تردد نبضات الساعة فتصل نبضات كهربية مشابهة لخرج البوابة G للسماعة SPK وينتج عند ذلك صفارة الإنذار.

وعند قيام المشغل بالضغط على ضاغط إزالة الإنذار (S_2) ينقطع مسار التيار للثايرستور SCR_1 ويتحول الثايرستور لحالة القطع، وتصبح حالة المدخل 1 للبوابة G منخفضة، وتباعًا تصبح حالة خرج البوابة G منخفضة، فينطفئ D_1 ويتحول Q_1, Q_2 لحالة القطع، وتتوقف السماعة عن إصدار الصوت.

وعند إزالة الضغط عن S_2 فهناك احتمالان وهما :

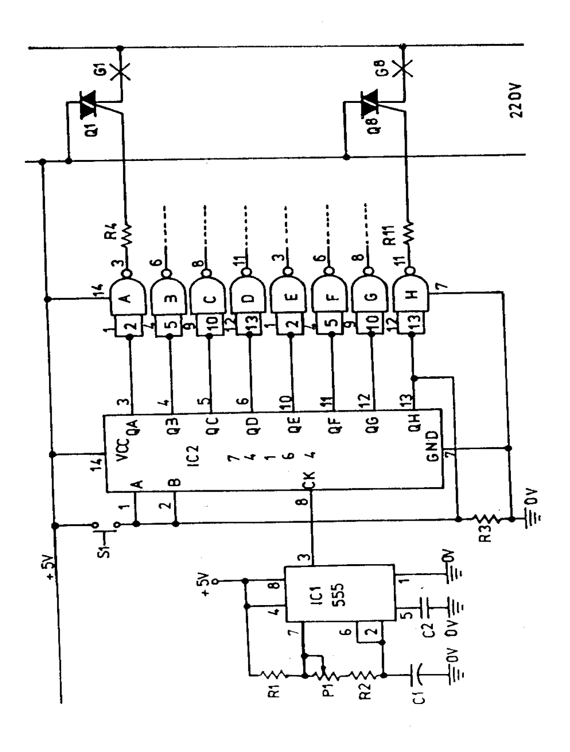
١ – تكرر ما حدث سالفًا أى إضاءة D_1 وعمل السماعة وذلك إذا كانت ريشة مفتاح العوامة S_1 مازالت مغلقة.

٢ – يظل D_1 معتمًا والسماعة متوقفة، وذلك عندما تعود ريشة مفتاح العوامة S_1 لحالتها الطبيعية (مفتوحة).

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذه الدائرة لمتابعة مستوى الماء فى عدة خزانات، وذلك باستخدام مفتاح عوامة لكل خزان وتوصيل الريش المفتوحة لمفاتيح العوامات معًا بالتوازى.

٣ / ٥ – دائرة التحكم الرقمية فى لوحة إعلانات

الشكل (٣ – ٦) يعرض دائرة التحكم الرقمية للوحة إعلانات بثمانية مخارج مزودة بإمكانية لتغيير النموذج الضوئى المعروض عليها.



+5V
S1
IC1
555
IC2
74164
VCC
GND
CK
QA
QB
QC
QD
QE
QF
QG
QH
R1
P1
R2
C1
C2
R3
R4
R11
Q1
Q8
G1
G8
0V
220V

الشكل (٣-٦)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية $2.2K\Omega$	R_1, R_2
مقاومة كربونية 680Ω	R_3
مقاومات كربونية 120Ω	$R_4 - R_{11}$
مقاومة متغيرة $50K\Omega$	P_1
مكثف كيميائي 10µF / 16V	C_1
مكثف قرصي 0.01 µF	C_2
ترياكات تعمل عند 220V وتيارها 8A طراز TIC225M	$Q_1 : Q_8$
مؤقت NE 555	IC_1
دائرة متكاملة لمسجل إزاحة طراز 164 74	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NAND طراز 7426	IC_3, IC_4
ضاغط بريشة مفتوحة	S_1

نظرية التشغيل :

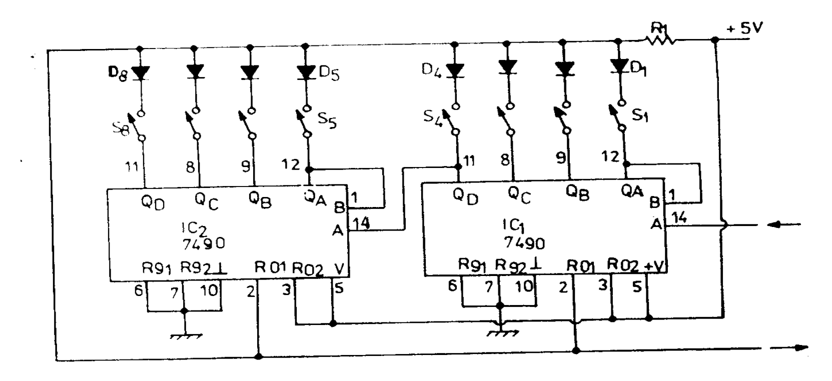
عند وصول التيار الكهربى يعمل المذبذب اللامستقر المؤلف من المؤقت 555 بتردد (1.35:22HZ) وتدخل هذه النبضات لمدخل نبضات الساعة CK لمسجل الإزاحة IC_2، وهو مسجل إزاحة بدخل توالى وخرج توازى ويحتوى على مدخلى توالى A,B، ويمكن تسجيل المعلومات في المسجل بالضغط على الضاغط S_1؛ علماً بأنه يمكن إضاءة ثمانية مجموعات من اللمبات، كل مجموعة من اللمبات توصل مع مصدر جهد 220V عبر ترياك TIC225M وأقصى تيار لكل مجموعة هو 8A .

والجدير بالذكر أن شكل الضوء الذي نحصل عليه يعتمد على عدد مرات ضغط الضاغط S_1، فإذا ضغط الضاغط S_1 مرة واحدة يكون عدد المجموعات المضيئة فى كل لحظة مجموعة واحدة وهكذا. وتظل المعلومات المسجلة تعيد نفسها لأن المخرج الأخير Q_H يتصل بمداخل بيانات التوالي A, B . ولايمكننا مسح المعلومات المسجلة

إلا بقطع التيار الكهربى عن الدائرة. وتقوم IC3, IC4 والتى تحتوى كل منها على 4 بوابات NAND تستخدم كعواكس تعمل على قيادة الترياكات Q8 - Q1. ويمكن التحكم فى سرعة الضوء المتحرك بالتحكم فى قيمة المقاومة المتغيرة P1.

٣ / ٦ – مقسم التردد المبرمج

الشكل (٣ – ٧) يعرض دائرة مقسم تردد مبرمج له معامل قسمة (1:99).



الشكل (٣ – ٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1KΩ	R1
موحدات جرمانيوم طراز OA85 أو OA91	D1 : D8
دائرة متكاملة لعداد عشرى طراز 7490	IC1, IC2
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S1 : S8

نظرية التشغيل:

هذه الدائرة مفيدة جداً للحصول على ترددات عديدة من تردد أساسى واحد، حيث يوصل عدادان عشريان طراز 7490 تتابعيًا، ونحصل على صفة البرمجة من مجموعة المفاتيح S8 : S1، والتى تقوم بتوصيل أحد مخارج العدادات مع مداخل

تحرير العدادات فنحصل على قيمة التقسيم المطلوبة . فمثلاً : يمكن لهذه الدائرة القسمة على العدد 75 عندما تغلق المفاتيح S1, S3، وأيضًا المفاتيح S5, S6, S7 . فعند غلق المفاتيح S1, S3 فإن خرج الدائرة المتكاملة IC1 يصبح عاليًا عندما يكون المكافئ العشرى للخرج هو 5 وعند غلق المفاتيح S7, S6, S5 فإن خرج الدائرة المتكاملة IC2 يصبح عاليًا عندما يكون مكافئ الخرج 7 . وحيث إن الدائرة المتكاملة IC1 تمثل خانة الآحاد والدائرة المتكاملة IC2 تمثل خانة العشرات؛ لذلك فإن معامل القسمة يصبح مساويًا 75 .

والجدير بالذكر أن معامل القسمة لهذه الدائرة يمكن برمجته ويتراوح ما بين (1 : 99) .

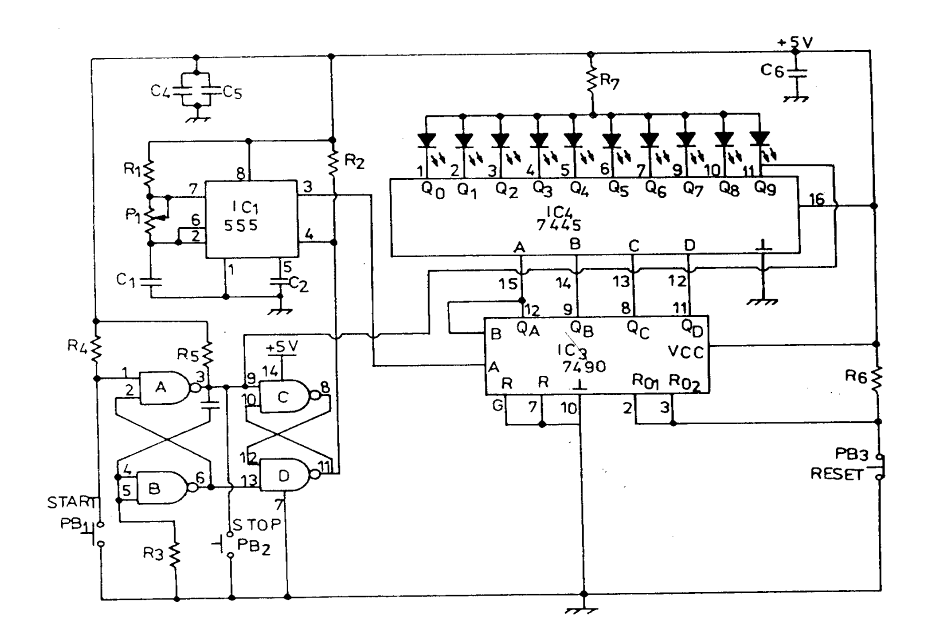
والجدول (٣ – ١) يعطى المكافئ العددى لكل مفتاح .

الجدول (٣ – ١)

خانة العشرات		خانة الآحاد	
المكافئ	المفتاح	المكافئ	المفتاح
1	S_5	1	S_1
2	S_6	2	S_2
4	S_7	4	S_3
8	S_8	8	S_4

٣ / ٧ – لعبة قياس سرعة رد الفعل للمتسابقين

الشكل (٣ – ٨) يعرض الدائرة المستخدمة لقياس سرعة رد فعل المتسابقين .



الشكل (٣ – ٨)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 47KΩ	R_1
مقاومة كربونية 10KΩ	R_2
مقاومة كربونية 470Ω	R_3
مقاومة كربونية 1KΩ	R_4 - R_6
مقاومة كربونية 330Ω	R_7
مقاومة متغيرة 100KΩ	P_1
مكثف بوليستر 390nf	C_1

مكثف بوليستر 100nf	C_2, C_5, C_6
مكثف بوليستر 1nf	C_3
مكثف كيميائى 100µf وجهده 6V	C_4
موحدات مشعة 10mA	$D_1 : D_{10}$
دائرة متكاملة لمؤقت NE555	IC_1
دائرة متكاملة طراز 7400	IC_2
دائرة متكاملة طراز 7490	IC_3
دائرة متكاملة طراز 7445	IC_4
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1, PB_2
ضاغط بريشة مغلقة	PB_3
لوحة تجارب	
مصدر قدرة +5V	

نظرية التشغيل :

هذه الدائرة تعتبر من أشهر الدوائر المستخدمة فى المباريات الالكترونية، حيث تستخدم لقياس سرعة رد الفعل لشخص. وهذه الدائرة مزودة بعشرة موحدات مشعة، فعند الضغط على ضاغط البدء Start تضيء الموحدات الواحدة تلو الأخرى ابتداء من D_1 وصولاً إلى D_{10}، ثم تتكرر الدورة من جديد. أما عند الضغط على ضاغط الإيقاف Stop يظل آخر موحد مشع كان مضيئًا فى حالة إضاءة، وعند الضغط على ضاغط Reset تنطفئ جميع الموحدات. فمثلاً: إذا اتفق على إيقاف الدائرة عندما تكون D_5 مضيئة، وقام المتسابق الأول بإيقاف الدائرة عندما كانت D_6 مضيئة، فى حين أن المتسابق الآخر قام بإيقاف الدائرة عندما كانت D_7 مضيئة فى هذه الحالة يمكن القول بأن رد فعل المتسابق الأول أسرع من رد فعل المتسابق الثانى.

ويمكن التحكم في تردد المذبذب الخاص بهذه الدائرة بواسطة المقاومة المتغيرة P_1، ويتراوح تردد هذا المذبذب ما بين (10 : 80HZ).

وتعمل الدائرة المؤلفة من البوابات A, B كقلاب للحصول على إشارة البدء، والدائرة المؤلفة من البوابات C, D كقلاب للحصول على إشارة إيقاف المذبذب اللامستقر المرتكز على المؤقت 555، وتصل إشارة إيقاف للمذبذب بالضغط على ضاغط الإيقاف أو تلقائيًا عند إضاءة الموحد D_{10} أى انتهاء دورة كاملة.

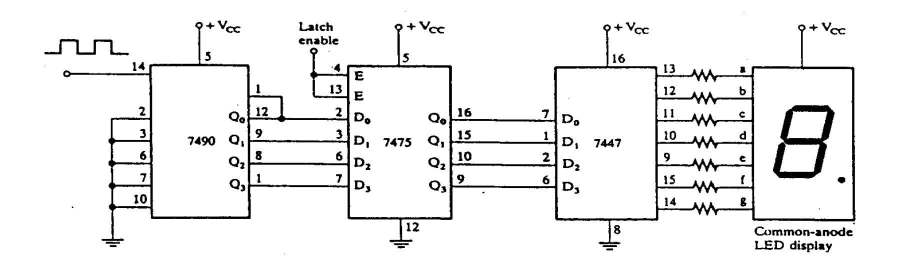
ويقوم العداد 7490 بعد النبضات الخارجة من المذبذب المرتكز على المؤقت 555. في حين يقوم مفسر الشفرة الثنائية المكودة عشريًا 7445 بتحويل خرج العداد العشرى 7490 إلى العدد العشرى المكافئ، ومن ثم يضيء موحد واحد في أى لحظة.

والجدير بالذكر أن هذه الدائرة تستهلك تيار كهربى مقداره 120mA.

٣ / ٨ – عداد النبضات المستقر (9 - 0)

الشكل (٣ – ٩) يعرض دائرة بسيطة لعداد نبضات مستقر، حيث يستخدم فيها العداد العشرى طراز 7490 لعد النبضات، وتستخدم دائرة الإمساك 7475 لمنع حدوث تغير سريع في الرقم المعروض على وحدة العرض الرقمية لمنع مضايقة المشاهد، حيث تقوم دائرة الإمساك بتثبيت حالة المخارج إلى أن تصل نبضة عالية لمداخل التمكين Latch Enable فتنتقل الحالة اللحظية للمداخل D_0 - D_3 إلى المخارج Q_0 - Q_3 ويمكن استخدام مذبذب بطيء جداً للحصول على نبضات مداخل التمكين لدائرة الإمساك أو توصيل مداخل التمكين بجهد +5V عبر ضاغط بريشة مفتوحة، وبذلك لن يتغير العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية لحين وصول نبضة عالية من مذبذب التمكين إلى مداخل التمكين، أو من الضاغط إلى مداخل التمكين. وتقوم دائرة مشغل وحدة العرض الرقمية 7447 بتحويل الشفرة العشرية المكودة ثنائيًا إلى شفرة وحدة العرض الرقمية.

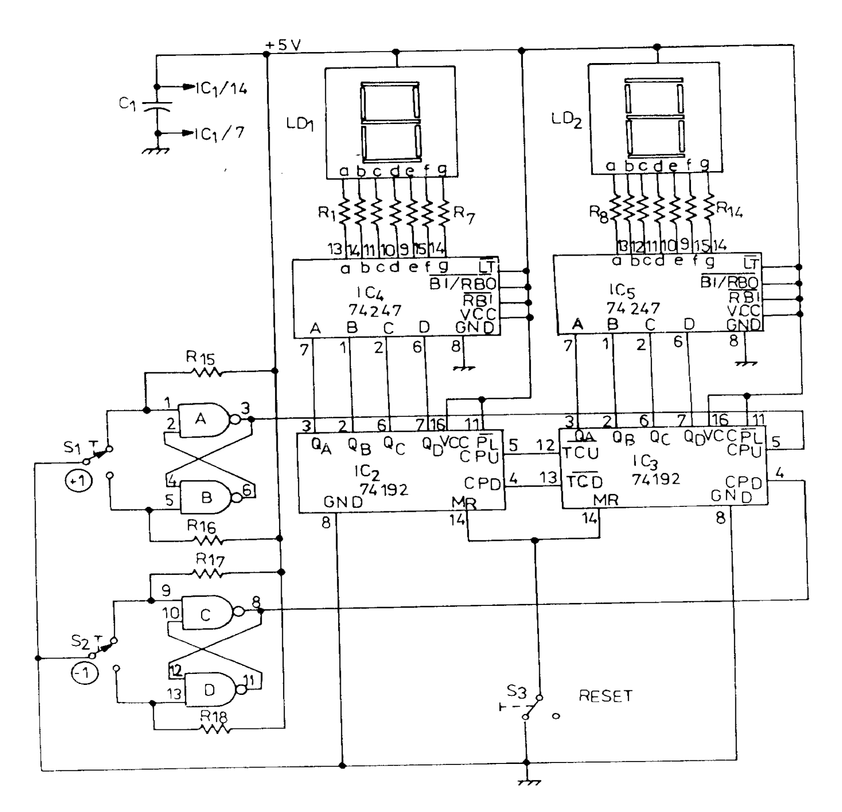
والجدير بالذكر أن المخارج السبعة a - g لوحدة العرض الرقمية توصل بالمداخل السبعة لوحدة العرض الرقمية من خلال سبع مقاومات لتحديد التيار (قيمة المقاومة 330Ω) .



الشكل (٣ – ٩)

٣ / ٩ – لوحة تسجيل الأهداف للمتسابقين

الشكل (٣ – ١٠) يعرض الدائرة الرقمية للوحة تسجيل الأهداف لمتسابق واحد، وهذه الدائرة مزودة بإمكانية لزيادة الأهداف المسجلة واحد أو إنقاص الأهداف المسجلة واحد .



الشكل (٣ – ١٠)

عناصر الدائرة :

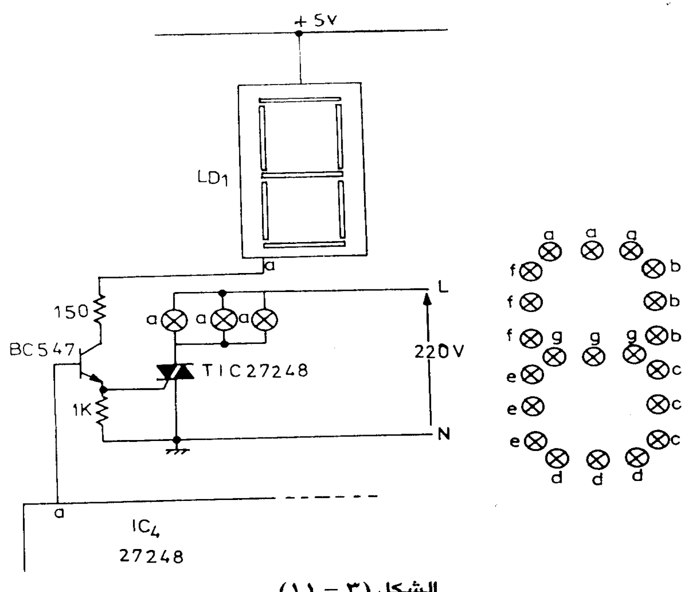
مقاومات كربونية 180Ω	R_1 - R_{14}
مقاومات كربونية 1KΩ	R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18}
مكثف كيميائى 10µf / 10V	C_1
دائرة متكاملة طراز 7400	IC_1
عداد عشرى طراز 74192	IC_2, IC_3

مفسر شفرة ثنائية مكود عشريًا إلى شفرة وحدة العرض 74247	IC_4
وحدات عرض رقمية بمصعد مشترك طراز 7750	LD_1, LD_2
ضواغط قطب واحد سكتين	S_1, S_2, S_3

نظرية التشغيل:

يعمل كل من IC_2, IC_3 كعداد عشرى تنازلى أو تصاعدى، ويتم توليد نبضات العد بواسطة قلابين، أحدهما يتكون من البوابتين A, B، وذلك لتوليد نبضات العد التصاعدى، والثانى يتألف من البوابتين C, D وذلك لتوليد نبضات العد التنازلى، ويمكن تشغيل القلاب المؤلف من البوابتين A, B بواسطة الضاغط S_1، فى حين يمكن تشغيل القلاب المؤلف من البوابتين C, D بواسطة الضاغط S_2. وتقوم الدوائر المتكاملة IC_4, IC_5 بتحويل الشفرة العشرية المكودة ثنائياً إلى شفرة وحدات العرض الرقمية، علماً بأن الدائرة المتكاملة 74247 هى البديل الجديد للدوائر المتكاملة 7447. ويقوم الضاغط S_3 بتحرير العدادات IC_2, IC_3، وإعادة عدد الأهداف المعروضة إلى الصفر.

وفى حالة الرغبة فى إعداد لوحة عرض رقمية كبيرة حتى يسهل على الجمهور رؤيتها، يلزم الأمر عمل بعض التعديلات، حيث تستبدل الدوائر المتكاملة 74247 بالدوائر المتكاملة 74248، وتستخدم لمبات متوهجة قدرتها تتراوح ما بين (20W : 15) وتعمل على جهد 220V وذلك لعمل وحدات العرض الرقمية للجمهور. والشكل (٣ – ١١) يعرض التعديلات اللازمة، ويلاحظ أنه يستخدم سبعة ترياكات لكل وحدة عرض طراز TIC2060 ، أى يستخدم أربعة عشر ترياكا لكل متسابق، وكذلك يستخدم أربعة عشر ترانزستور NPN طراز BC547 لكل متسابق، ويستخدم اثنين وأربعين لمبة متوهجة قدرتها (20W - 15)، وتعمل عند جهد 220V لكل متسابق.



الشكل (٣ – ١١)

٣ / ١٠ – عداد النبضات 0:9999

الشكل (٣ – ١٢) يعرض دائرة عداد الكترونى يعد النبضات الداخلة على مدخل النبضات، ويتراوح مدى العد ما بين (9999 : 0) .

عناصر الدائرة:

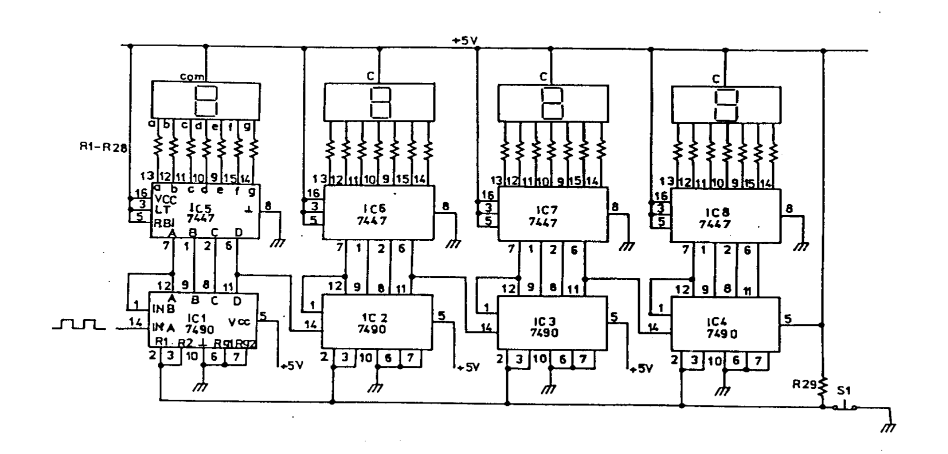
دوائر متكاملة طراز 7490	IC_1 - IC_4
دوائر متكاملة طراز 7447	IC_5 - IC_8
سبع وحدات عرض رقمية بمصعد مشترك	
مقاومات كربونية 220Ω	R_1 - R_{28}
مقاومات كربونية 1KΩ	R_{29}
ضاغط بريشة مغلقة طبيعياً	S_1

نظرية التشغيل:

يقوم كل عداد بتقسيم عدد النبضات التى تدخل على مدخل نبضاته على 10،

وذلك لأن العداد لا يعد عند وصول نبضة عالية لمدخل نبضاته، ولكن عند الانتقال من عال لمنخفض، وهذا يحدث عند النبضة العاشرة للعداد السابق.

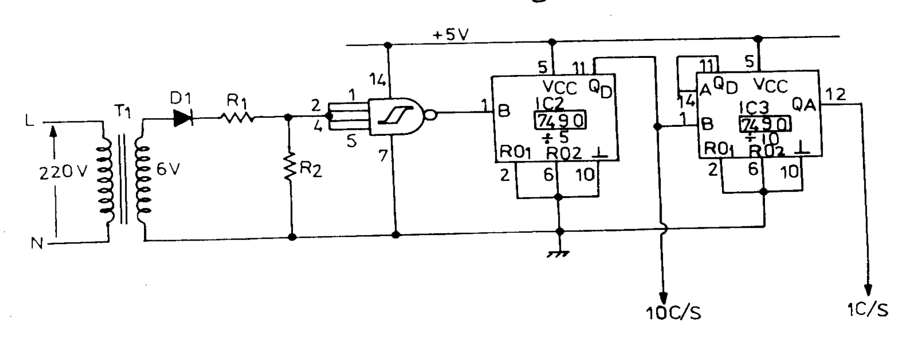
فيقوم العداد IC_1 بتقسيم عدد النبضات الداخلة لمدخل النبضات INA (الرجل 14) على 10، فى حين يقوم العداد IC_2 بتقسيم عدد النبضات القادمة من IC_1 والداخلة على مدخل نبضاته (INA) على 10، وهكذا تقوم مشغلات وحدات العرض الرقمية طراز 7447 بتحويل الخرج الثنائى المكود عشريا لشفرة وحدات العرض الرقمية، ويمكن إعادة الرقم المعروض على وحدات العرض الرقمية إلى (0000) بالضغط على S_1 حيث تصل إشارة عالية لمداخل تحرير العدادات الأربعة R_{O1}, R_{O2}.



الشكل (٣ - ١٢)

٣ / ١١ - الساعة الرقمية

الشكل (٣ - ١٣) يعرض الدائرة الرقمية المستخدمة لتوليد نبضات بمعدل نبضة فى الثانية 1C/S، وعشر نبضات فى الثانية 10C/S .



الشكل (٣ - ١٣)

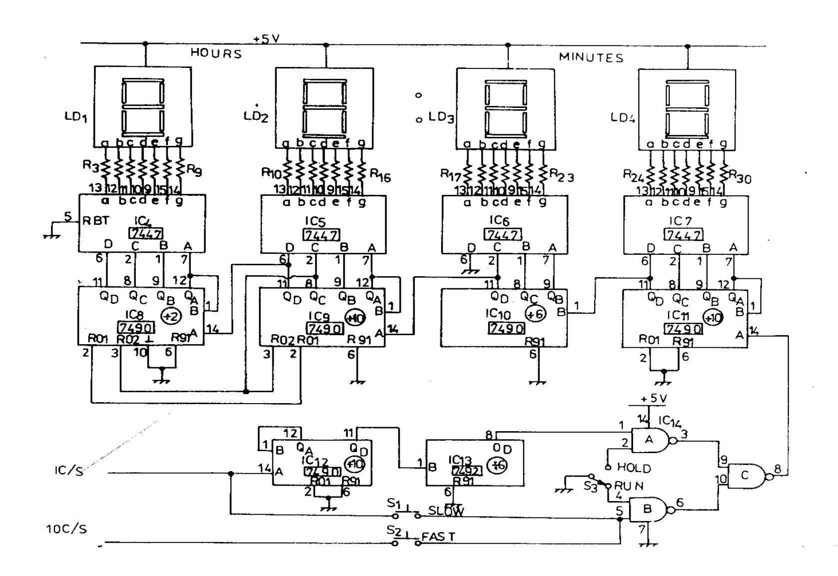
عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 220Ω	R_1, R_2
موحد طراز 1N4001	D_1
دائرة متكاملة طراز 7413	IC_1
دائرة متكاملة طراز 7490	IC_2, IC_3
محول 220/6V وتياره 200mA	T_1

نظرية التشغيل:

يتم توحيد خرج المحول T_1 والذى تردده 50HZ بواسطة الموحد D_1، ثم يتم تحويل نصف الموجة الجيبية الموحدة إلى موجة مربعة بواسطة بوابة شميث NAND، وتقوم الدائرة المتكاملة IC_2 للعداد العشرى بتقسيم التردد الخارج على 5 فيكون التردد الخارج من IC_2 مساوياً 10HZ، أى 10C/S، ويتم تقسيم التردد الخارج من IC_2 بواسطة العداد العشرى IC_3 على 10 فيكون التردد الخارج من IC_2 بواسطة العداد العشرى IC_3 على 10 فيكون التردد الخارج من IC_3 يساوى 1HZ أى 1C/S .

والشكل (٣ – ١٤) يعرض الدائرة الرقمية للساعة الرقمية .



الشكل (٣ – ١٤)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 330Ω	R3 : R30
دوائر متكاملة لمشغل وحدة عرض رقمية طراز 7447	IC4 : IC7
دوائر متكاملة لعداد عشرى طراز 7490	IC8, IC9, IC11, IC12
دوائر متكاملة لعداد ثنائى طراز 7492	IC10, IC13
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NAND طراز 7400	IC14
وحدات عرض رقمية بمصعد مشترك	LD1 : LD4

ضواغط بريش مفتوحة	S_1, S_2
مفتاح قطب واحد سكتين	S_3

ويتم توصيل الرجل 5 للدوائر المتكاملة IC_{13} : IC_8 بجهد +5V، فى حين يتم توصيل الرجل 10 للدوائر المتكاملة IC_{13} : IC_8 بالأرضى.

ويتم توصيل الرجل 16 للدوائر المتكاملة IC_7 : IC_4 بجهد +5V، فى حين يتم توصيل الرجل 8 للدوائر المتكاملة IC_7 : IC_4 بالأرضى.

نظرية التشغيل:

يتم تقسيم تردد إشارة الدخل والتى ترددها 1HZ أى 1C/S على 10 بواسطة الدائرة المتكاملة IC_{12}، ثم يقسم خرج IC_{12} بعد ذلك على 6 بواسطة الدائرة المتكاملة IC_{13}، فيكون خرج الدائرة المتكاملة IC_{13} موجة مربعة ترددها دورة / دقيقة (1C/min)، وتعمل البوابات A,B,C كمجمع MUX حيث تسمح بإمرار الإشارة التى ترددها دورة / دقيقة (1C/min) أو الإشارة التى ترددها دورة / ثانية (1C/S)، أو الإشارة التى ترددها عشر دورات / دقيقة (10C/S) لضبط الساعة.

ويتم تقسيم الإشارة التى ترددها (1C/min) على 10، ثم على 6، ثم على 10، ثم على 2، بواسطة الدوائر المتكاملة IC_{11}، ثم IC_{10}، ثم IC_9، ثم IC_8، ويتم توصيل الدوائر المتكاملة IC_8, IC_9 بحيث عندما يصل العد إلى 24 يصبح دخل الأرجل 2,3 لهذه الدوائر عالياً، فيتحرر هذان العدادان.

ويتم توصيل العدادات IC_8, IC_{11} بمشغلات وحدات العرض الرقمية ذات المصعد المشترك IC_7 . IC_4، ويتم توصيل آخر مشغل وحدة عرض رقمية IC_4 بحيث تنطفئ وحدة العرض الرقمية المتصلة به، عندما يكون العدد المعروض عليها 0.

وحتى يمكن ضبط الساعة الرقمية يوضع المفتاح S_3 على وضع Hold، ثم بواسطة أحد الضواغط S_1, S_2، يتم ضبط الساعة، وبمجرد الوصول للساعة المطلوبة تحرر الضواغط، ثم يعاد المفتاح S_3 على وضع RUN.

علماً بأن:

الضاغط S_1 يستخدم للتعديل البطىء للساعة.

والضاغط S_2 يستخدم للتعديل السريع للساعة.

ملحق (١) العناصر المطلوبة لتجارب هذا الكتاب

م	العنصـــــر	العدد
١	مقاومة كربونية 270Ω	١
٢	مقاومة كربونية 330Ω	١٣
٣	مقاومة كربونية 40kΩ	١
٤	مقاومة كربونية 47kΩ	١
٥	مكثف كيميائى 10μF/16V	١
٦	مكثف كيميائى 100μF/16V	١
٧	مكثف كيميائى 2200μF/25V	١
٨	مكثف سيراميك 100nF	١
٩	موحدات سليكونية طراز 1N4001	٤
١٠	موحدات مشعة تيارها 10mA	٧
١١	موحد طراز BY125	١
١٢	دائرة متكاملة طراز LM7805	١
١٣	قطعة ألومنيوم أبعادها 1.5x2Cm وسمكها 2mm	١
١٤	دائرة متكاملة طراز 7400	١
١٥	دائرة متكاملة طراز 7402	١
١٦	دائرة متكاملة طراز 7404	١
١٧	دائرة متكاملة طراز 7408	١
١٨	دائرة متكاملة طراز 7432	١

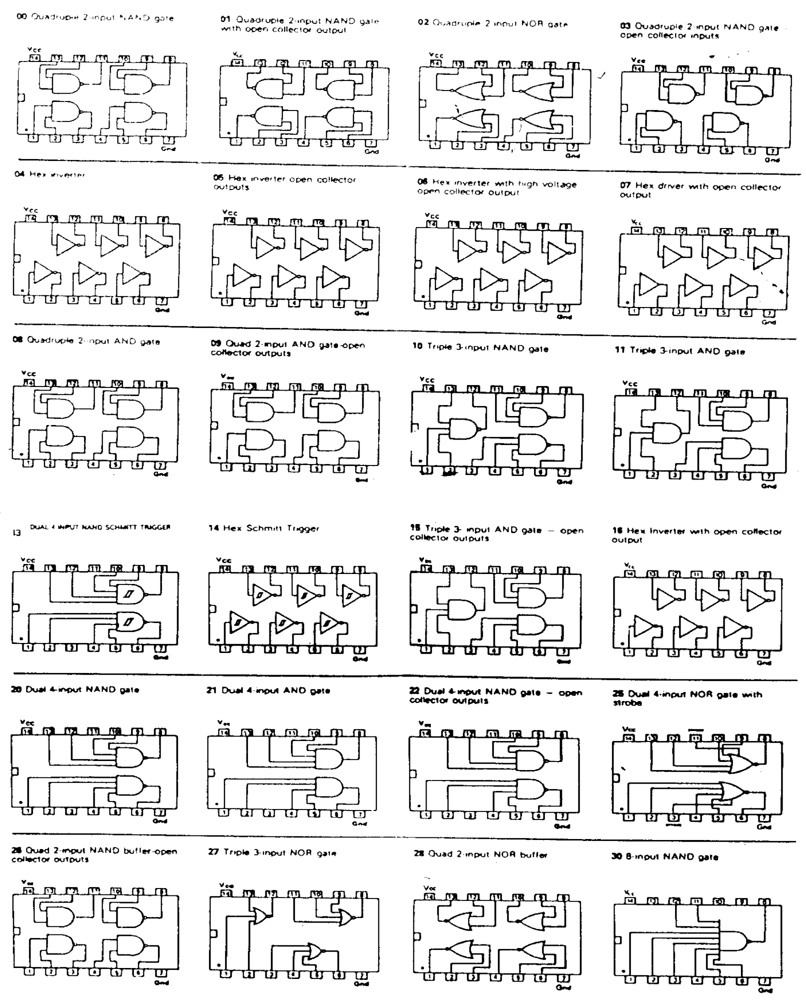
العدد	العنصر	م
١	دائرة متكاملة طراز 7442	١٩
١	دائرة متكاملة طراز 7447	٢٠
١	دائرة متكاملة طراز 7473	٢١
١	دائرة متكاملة طراز 7474	٢٢
٢	دائرة متكاملة طراز 7476	٢٣
١	دائرة متكاملة طراز 7486	٢٤
١	دائرة متكاملة طراز 7489	٢٥
١	دائرة متكاملة طراز 7490	٢٦
١	دائرة متكاملة طراز 74121	٢٧
١	دائرة متكاملة طراز 74123	٢٨
١	دائرة متكاملة طراز 74193	٢٩
١	دائرة متكاملة طراز 74194	٣٠
١	دائرة متكاملة طراز 74266	٣١
٣	قاعدة دائرة متكاملة بأربع عشرة رجلاً	٣٢
٣	قاعدة دائرة متكاملة بست عشرة رجلاً	٣٣
١	وحدة عرض رقمية بمصعد مشترك	٣٤
١	محول خفض 220/6V وسعته 10VA	٣٥
١	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	٣٦
٨	مفتاح قطب واحد سكتين	٣٧
٣	ضاغط بريشة مفتوحة	٣٨

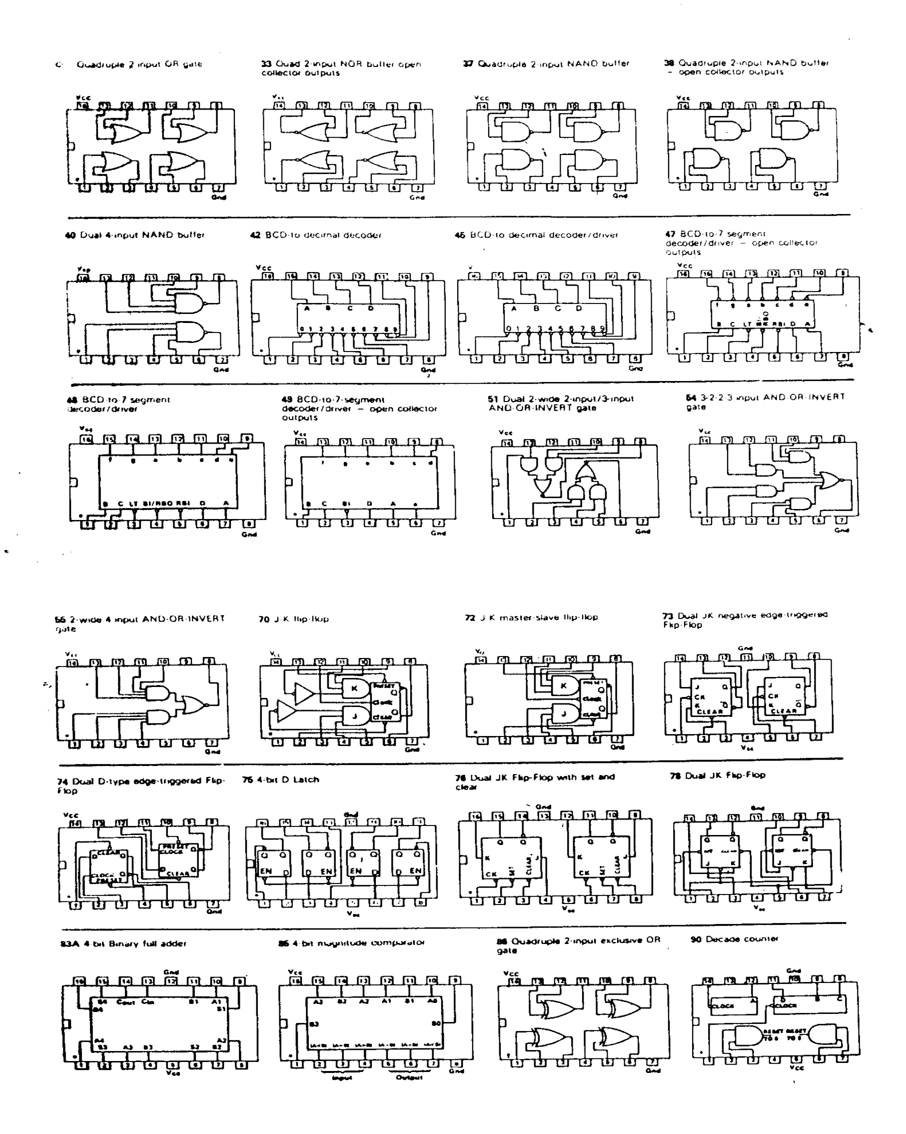
العدد	العنصـــــر	م
١	ضاغط بريشة مغلقة	٣٩
١	لوحة تجارب أبعادها (193x172x22mm) أو أكبر	٤٠
١	لفة سلك mm^2 $\frac{1}{2}$ حمراء	٤١
١	لفة سلك mm^2 $\frac{1}{2}$ سوداء	٤٢

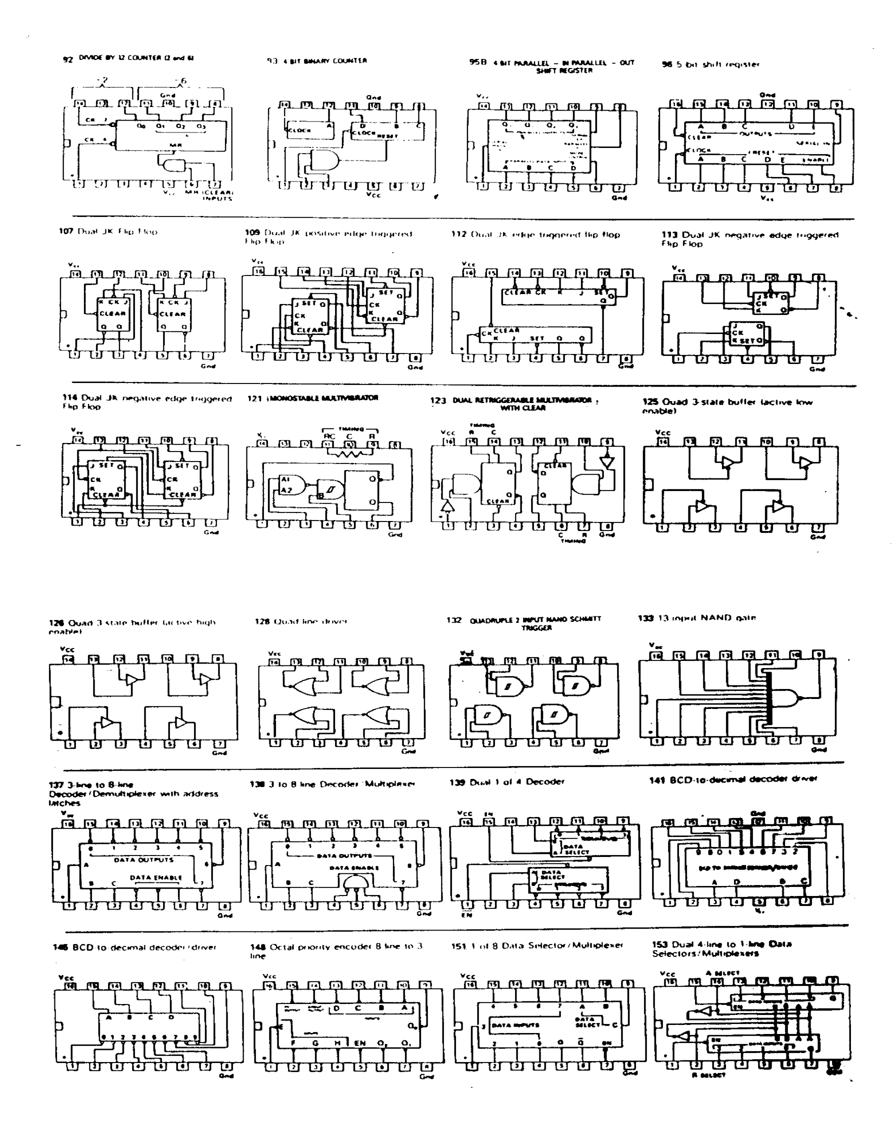
ملاحظة :

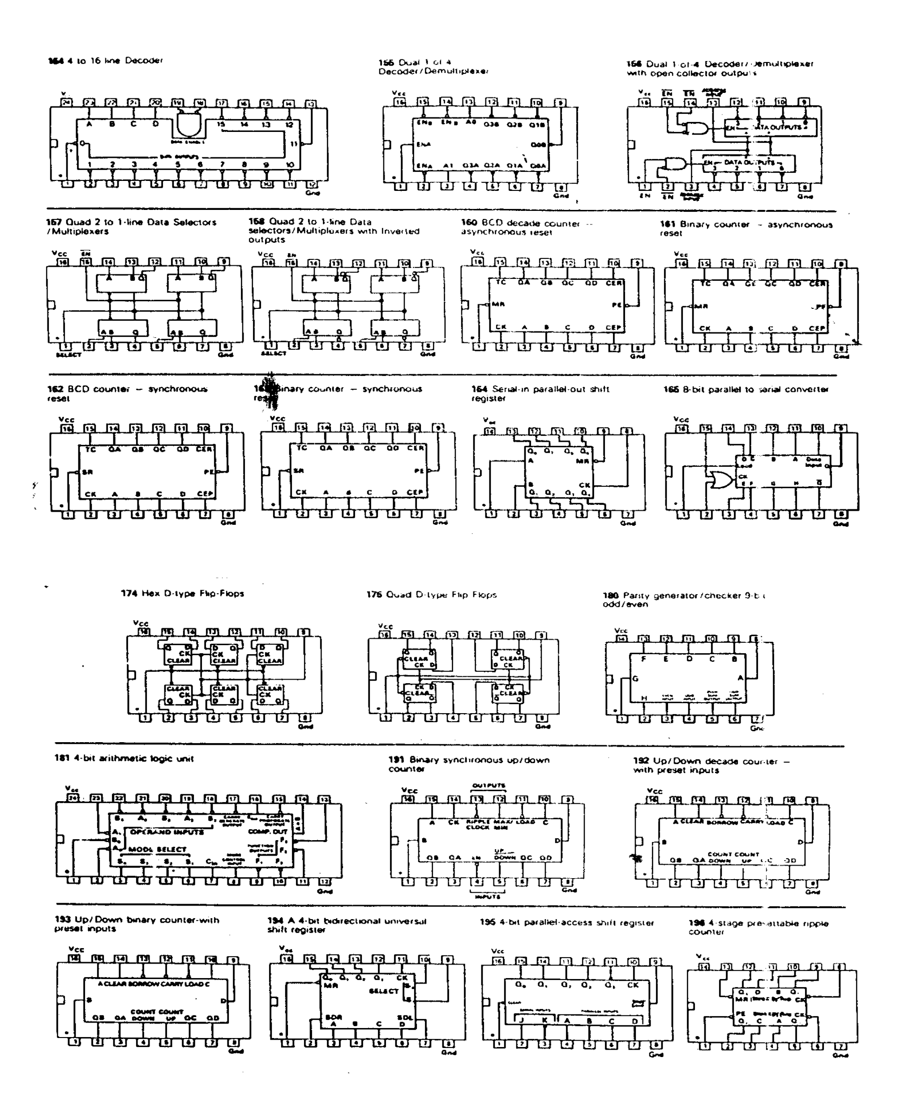
لمعرفة وظائف الدوائر المتكاملة المدرجة فى قائمة العناصر المطلوبة لتجارب هذا الكتاب من ملحق –٢ أشكال ووظائف الدوائر المتكاملة عائلة TTL سلسلة --74.

ملحق (٢) أشكال الدوائر المتكاملة عائلة TTL سلسلة "74-"




Quadruple 2 input OR gate
33 Quad 2-input NOR buffer open collector outputs
37 Quadruple 2-input NAND buffer
38 Quadruple 2-input NAND buffer – open collector outputs
40 Dual 4-input NAND buffer
42 BCD-to decimal decoder
45 BCD-to decimal decoder/driver
47 BCD-to-7 segment decoder/driver – open collector outputs
48 BCD-to-7 segment decoder/driver
49 BCD-to-7-segment decoder/driver – open collector outputs
51 Dual 2-wide 2-input/3-input AND-OR-INVERT gate
54 3-2-2-3 input AND-OR-INVERT gate
56 2-wide 4 input AND-OR-INVERT gate
70 J-K flip-flop
72 J-K master-slave flip-flop
73 Dual JK negative edge-triggered Flip-Flop
74 Dual D-type edge-triggered Flip-Flop
75 4-bit D Latch
76 Dual JK Flip-Flop with set and clear
78 Dual JK Flip-Flop
83A 4-bit Binary full adder
85 4-bit magnitude comparator
86 Quadruple 2-input exclusive OR gate
90 Decade counter


92 DIVIDE BY 12 COUNTER (2 and 6)
93 4 BIT BINARY COUNTER
95B 4 BIT PARALLEL - IN PARALLEL - OUT SHIFT REGISTER
96 5 bit shift register
107 Dual JK Flip Flop
109 Dual JK positive edge triggered Flip Flop
112 Dual JK edge triggered flip flop
113 Dual JK negative edge triggered Flip Flop
114 Dual JK negative edge triggered Flip Flop
121 MONOSTABLE MULTIVIBRATOR
123 DUAL RETRIGGERABLE MULTIVIBRATOR WITH CLEAR
125 Quad 3-state buffer (active low enable)
126 Quad 3 state buffer (active high enable)
128 Quad line driver
132 QUADRUPLE 2 INPUT NAND SCHMITT TRIGGER
133 13 input NAND gate
137 3-line to 8-line Decoder/Demultiplexer with address latches
138 3 to 8 line Decoder Multiplexer
139 Dual 1 of 4 Decoder
141 BCD-to-decimal decoder driver
145 BCD to decimal decoder/driver
148 Octal priority encoder 8 line to 3 line
151 1 of 8 Data Selector/Multiplexer
153 Dual 4-line to 1-line Data Selectors/Multiplexers


164 4 to 16 line Decoder
155 Dual 1 of 4 Decoder/Demultiplexer
156 Dual 1-of-4 Decoder/Demultiplexer with open collector outputs
157 Quad 2 to 1-line Data Selectors /Multiplexers
158 Quad 2 to 1-line Data selectors/Multiplexers with Inverted outputs
160 BCD decade counter – asynchronous reset
161 Binary counter – asynchronous reset
162 BCD counter – synchronous reset
Binary counter – synchronous
164 Serial-in parallel-out shift register
165 8-bit parallel to serial converter
174 Hex D-type Flip-Flops
175 Quad D-type Flip Flops
180 Parity generator/checker 9-bit odd/even
181 4-bit arithmetic logic unit
191 Binary synchronous up/down counter
192 Up/Down decade counter – with preset inputs
193 Up/Down binary counter-with preset inputs
194 A 4-bit bidirectional universal shift register
195 4-bit parallel-access shift register
196 4-stage pre-settable ripple counter

197 Presettable binary ripple counter

221 Dual monostable multivibrator

240 Octal buffer – three state inverting

241 Octal buffer – three state non-inverting

242 Quad bus transceiver – inverting

243 Quad bus transceiver – non-inverting

244 Octal buffer – three state non-inverting

245 Octal bus transceiver with 3 state outputs

251 1 of 8 Data selector/Multiplexer with 3 state outputs

253 Dual 4 - input multiplexer with 3 state outputs

256 Dual 4-bit addressable latch

257 Quad 2-input multiplexer with 3 state outputs

258 Quad 2-input multiplexer with 3 state outputs

259 8-bit addressable latch

273 8-bit register with clear

283 4-bit binary full adder

298 Quad 2-port register (Quad 2-input multiplexer with storage)

299 8-bit-universal shift /storage register with common parallel I/O pins 3 state

321 Crystal controlled oscillator

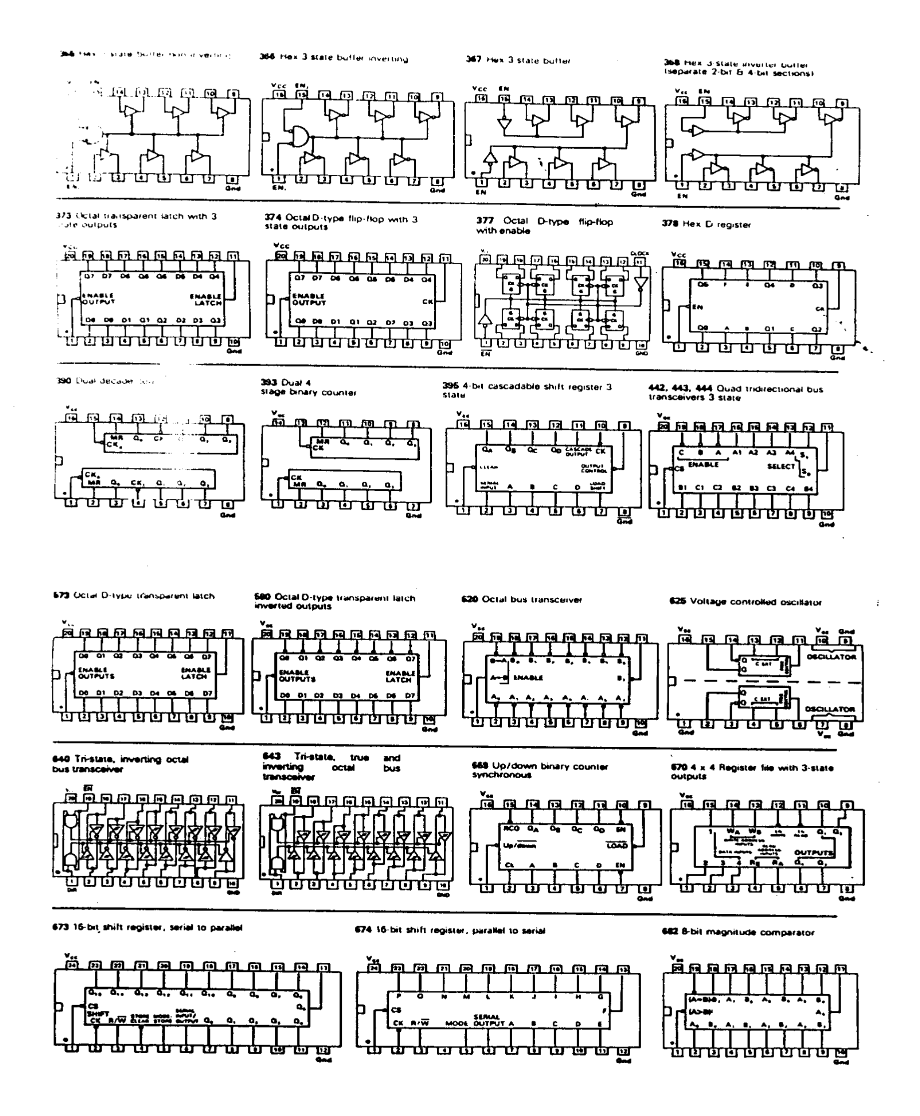
323 8-bit universal shift/storage register with synchronous reset and common I/O pins 3 state

352 Dual 4-input multiplexer inverting

353 Dual 4-input multiplexer with 3 state outputs inverting

354 8-line to 1-line data selector/multiplexer/register

356 8-line to 1-line data selector/multiplexer/register


366 Hex 3 state buffer inverting
367 Hex 3 state buffer
368 Hex 3 state inverter buffer (separate 2-bit & 4-bit sections)
373 Octal transparent latch with 3 state outputs
374 Octal D-type flip-flop with 3 state outputs
377 Octal D-type flip-flop with enable
378 Hex D register
393 Dual 4 stage binary counter
395 4-bit cascadable shift register 3 state
442, 443, 444 Quad tridirectional bus transceivers 3 state
573 Octal D-type transparent latch
580 Octal D-type transparent latch inverted outputs
620 Octal bus transceiver
625 Voltage controlled oscillator
640 Tri-state, inverting octal bus transceiver
643 Tri-state, true and inverting octal bus transceiver
668 Up/down binary counter synchronous
670 4 x 4 Register file with 3-state outputs
673 16-bit shift register, serial to parallel
674 16-bit shift register, parallel to serial
682 8-bit magnitude comparator

ملحق – ٣

أوضاع أرجل عناصر أشباه الموصلات المستخدمة فى المشاريع

2N3906 2N3904 MP5172 C B A	2N4121 E B C	BC157 BC147 E B C	BC107 B E C
BC337 BC557 E B C	TIC 206D TIC 225M A1 A2 G	G106B K A G	78.. IN C OP

صدر من هذه السلسلة

* الدوائر الأمنية فى المنشآت والسيارات .
* دوائر عملية لأجهزة الفحص والقياس .
* تجارب ومشاريع عملية على استخدام الدوائر الرقمية TTL .

كتب تحت الطبع

* تجارب ومشاريع عملية على استخدام الدوائر الرقمية COMS
* مشاريع عملية على استخدام مكبرات العمليات OP•AMP .
* المذبذبات والمؤقتات الزمنية ومولدات الدوال .
* مصادر القدرة المستمرة ومثبتات الجهد المتردد .
* دوائر عملية لأجهزة شحن البطاريات وإضاءة الطوارئ.

الناشــر